

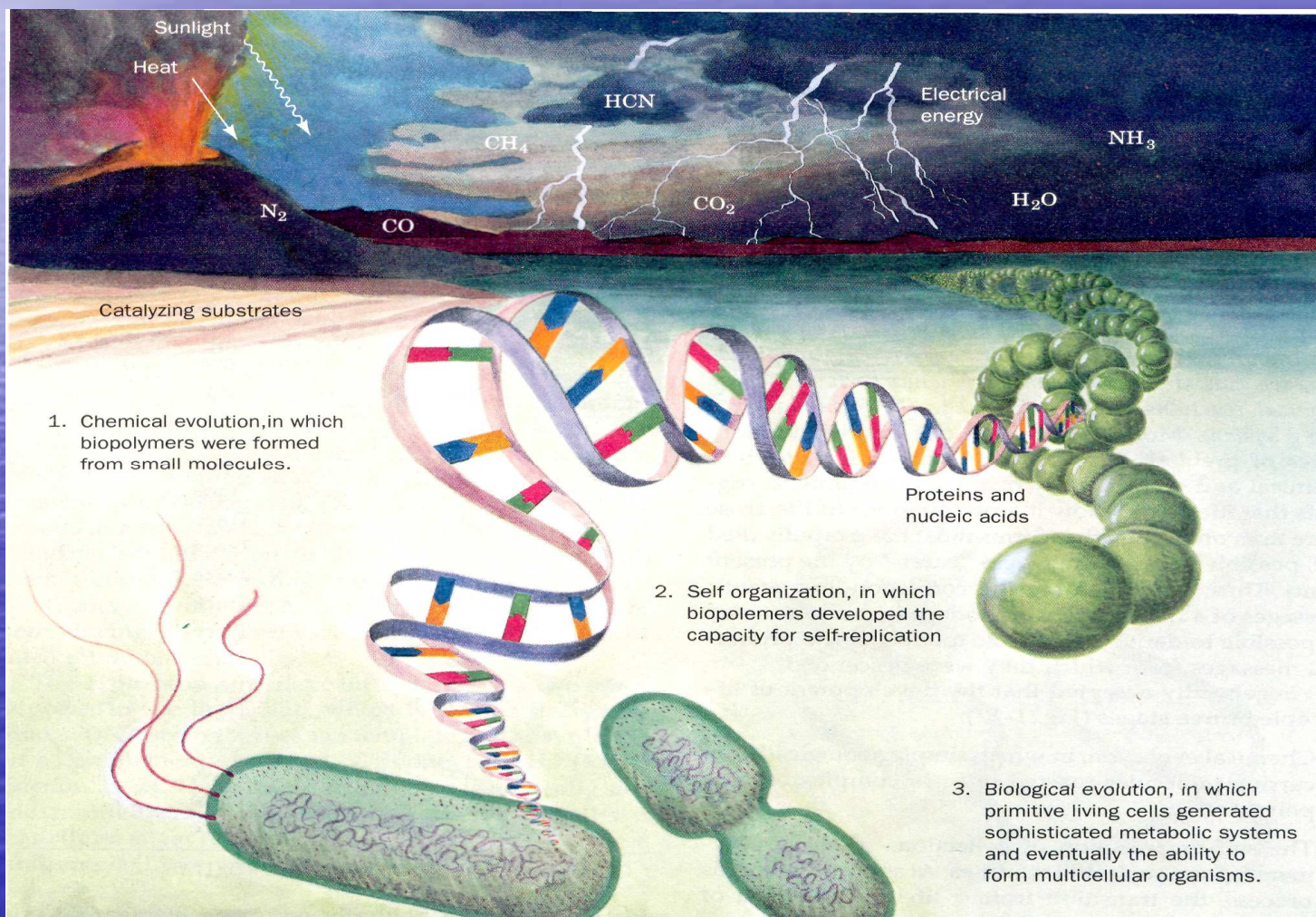


Δ.Α.Κ. 2009

Από την Προβιοτική Χημεία στη Βιοχημεία των Ζωντανών Οργανισμών

Δημήτριος Α. Κυριακίδης

Καθηγητής Βιοχημείας, Α.Π.Θ. - Πρόεδρος/Διευθυντής ΕΙΕ

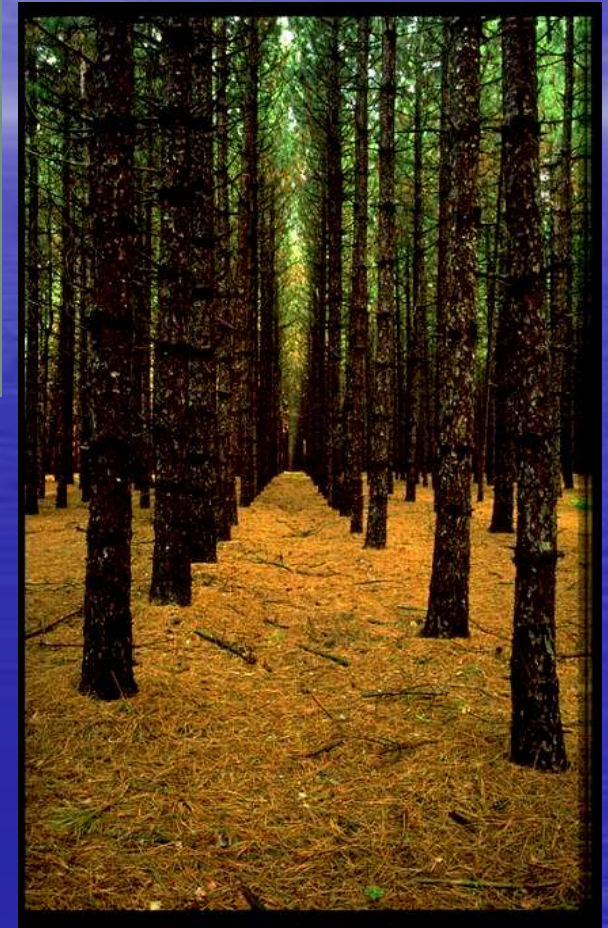
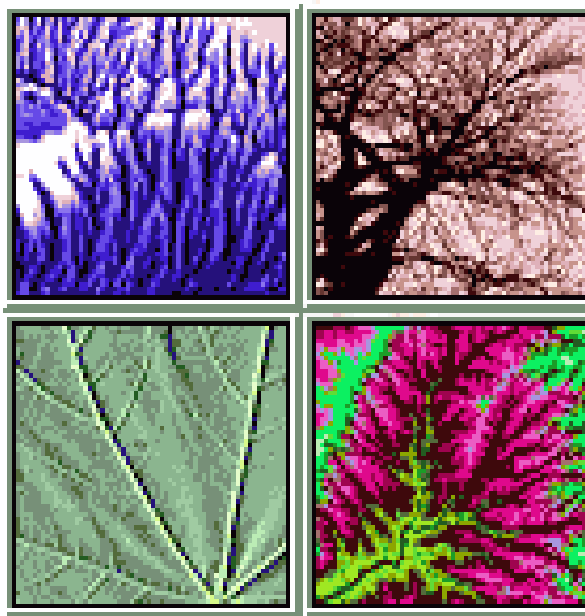




Δ.Α.Κ. 2009

Η προέλευση της ζωής





ΖΩΗ (ΟΡΙΣΜΟΣ)

Ιδεαλιστές:

Πλάτων : Ψυχή (αθάνατο πνεύμα, τυχαία γένεση)

Αριστοτέλης: Ενδελέχεια (αλληλεπίδραση της ύλης, σώμα έμψυχον)

Βιταλιστές : Δύναμη της ζωής

Νεοβιταλιστές: Επικρατέστερη ιδέα

Υλιστές:

Η ζωή αποτελείται από ύλη

Μηχ/κός υλισμός:

Απλές φυσικές και χημικές αντιδράσεις

**Διαλεκτικός
υλισμός:**

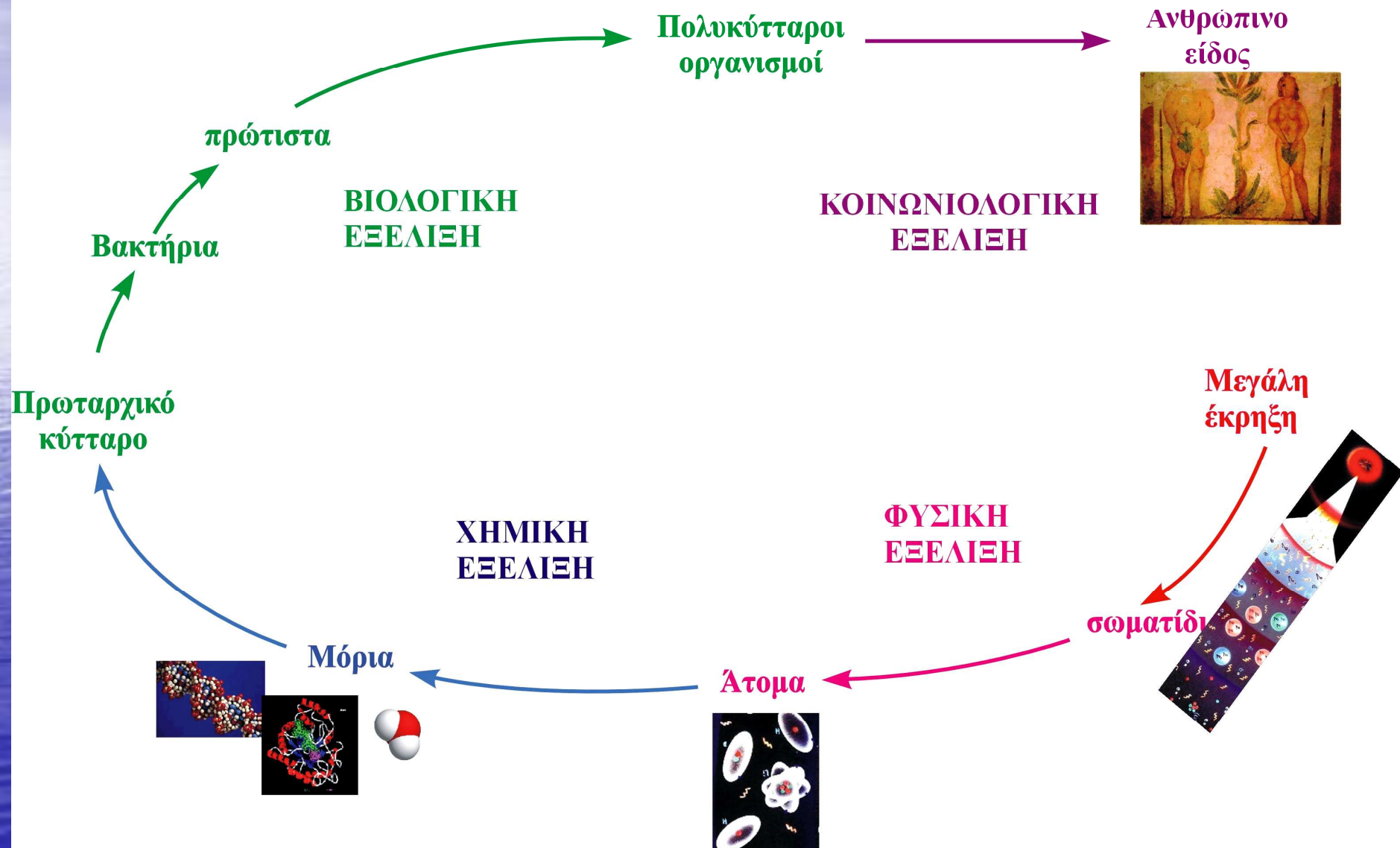
Μορφή κίνησης της ύλης διαφοροποιημένη από τα υλικά του ανόργανου κόσμου

Manfred Eigen:

Ζωή είναι μια δυναμική κατάσταση της ύλης που είναι οργανωμένη από πληροφορία και εξελίσσεται με βάση το μηχανισμό της φυσικής επιλογής

Τόπος και χρόνος εμφάνισης της ζωής

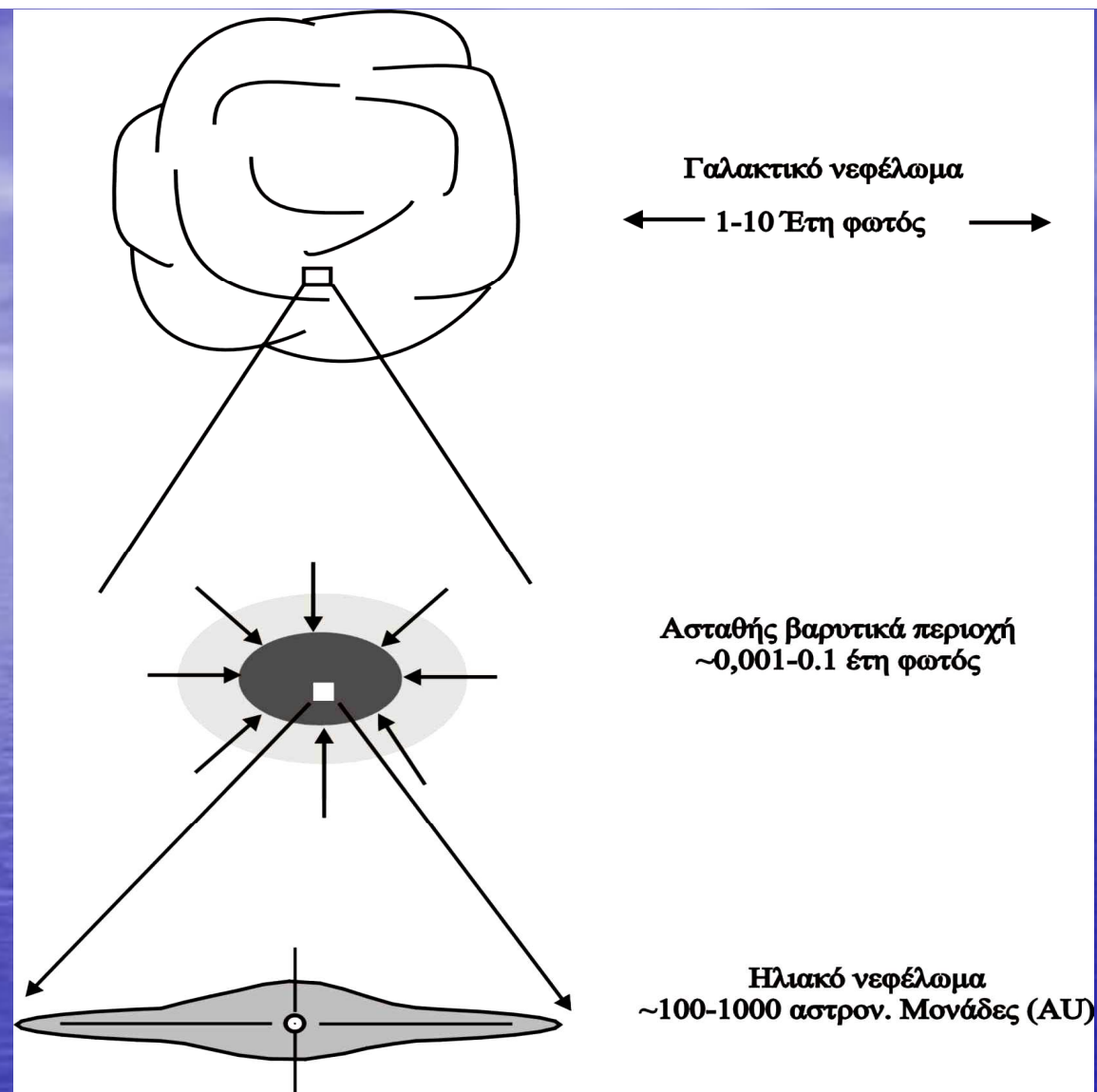
Η εξέλιξη από το *BIG BANG* στον άνθρωπο





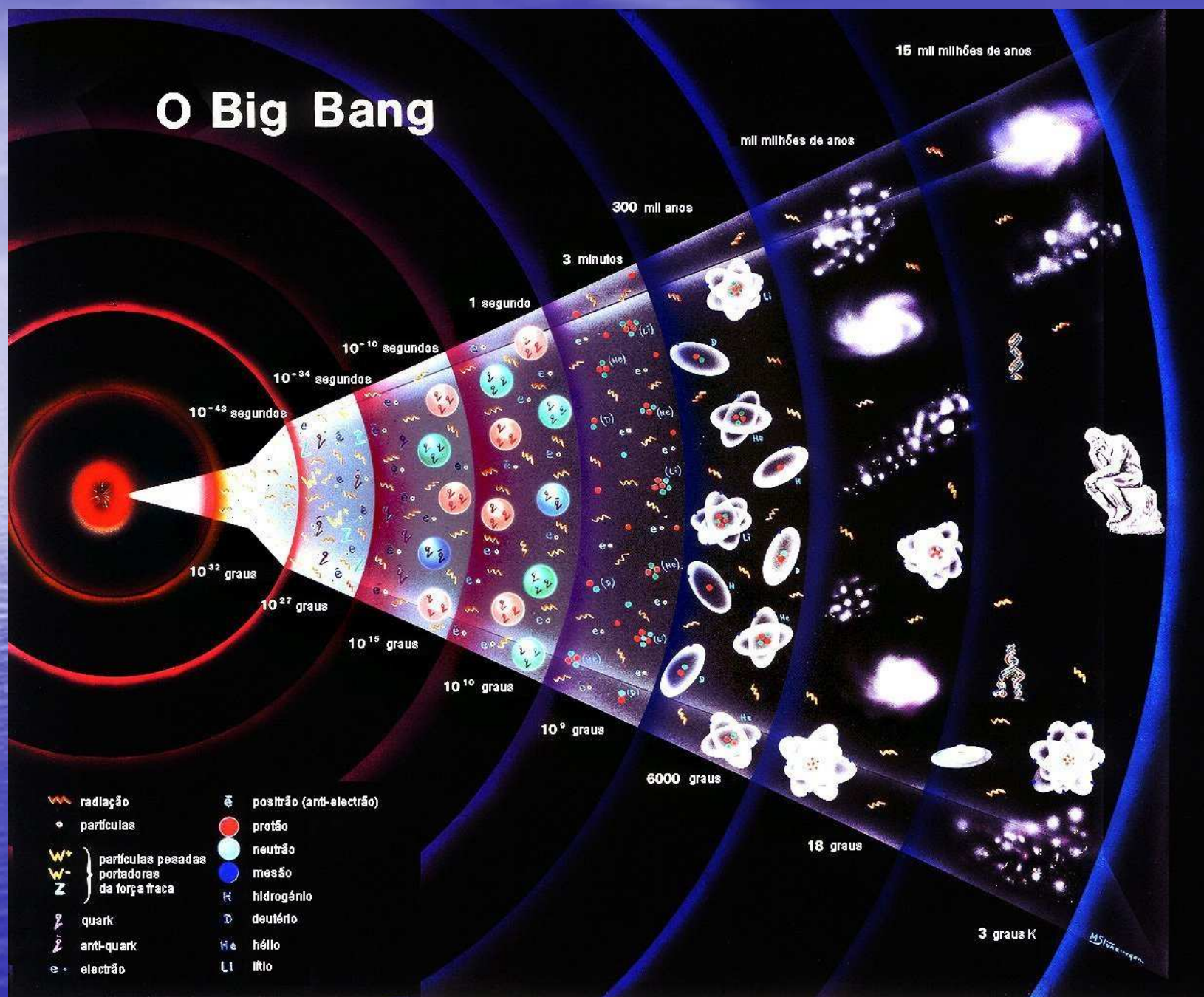
*Εν αρχή ἐποίησεν ὁ Θεός
τον οὐρανὸν καὶ τὴν γῆν,
ἡ δὲ γῆ ἦν ἀόρατος καὶ
ἀκατασκεύαστος,
καὶ σκότος ἐπάνω τῆς
αβύσσου,
καὶ πνεῦμα Θεοῦ ἐπεφέρετο
ἐπάνω τοῦ ὕδατος.*

(Παλαιά Διαθήκη Κεφ. 1, στ 1,2)



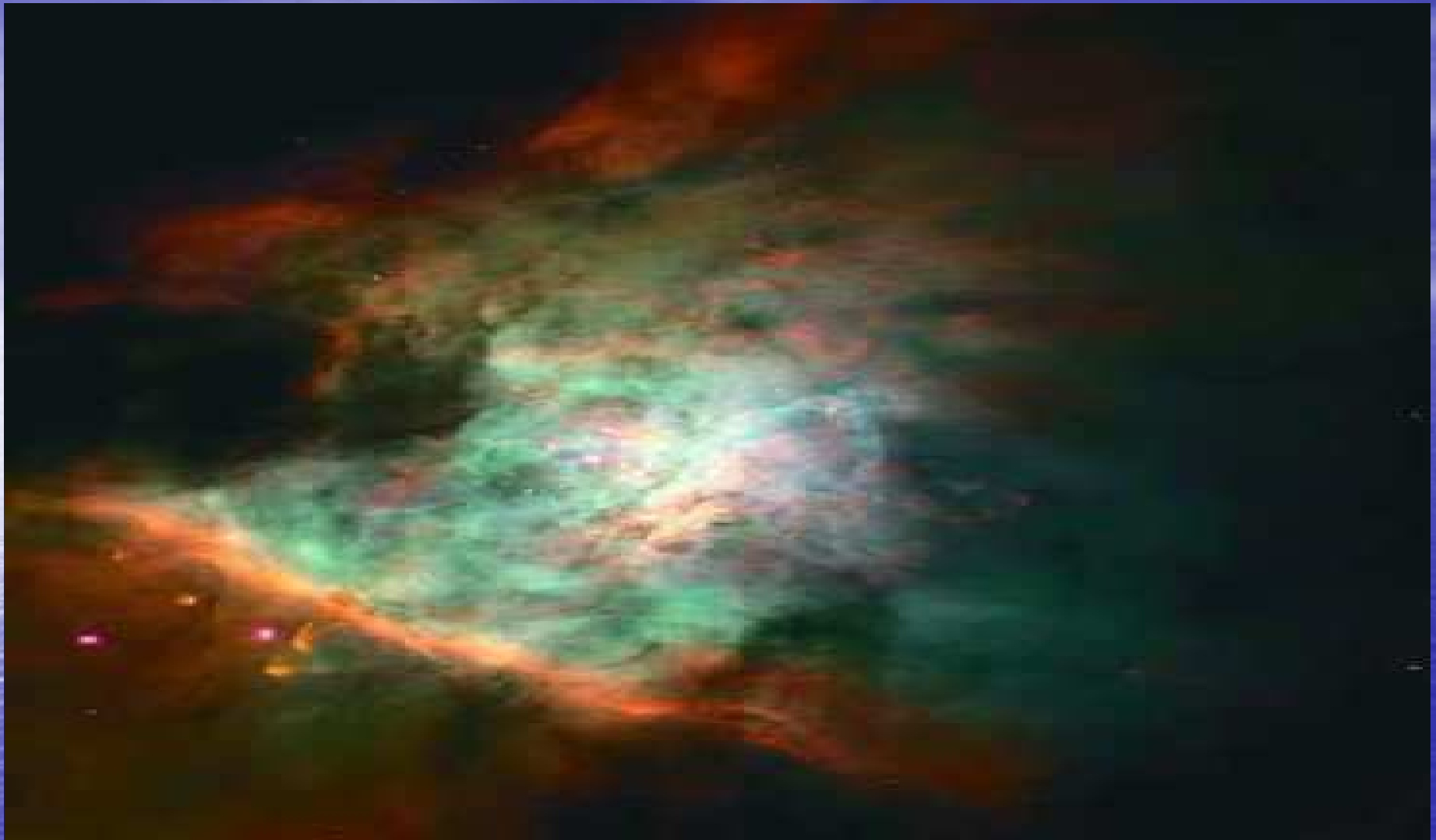
Η ιδέα της Μεγάλης Έκρηξης προτάθηκε από τον Georges LeMaitre το 1927

O Big Bang



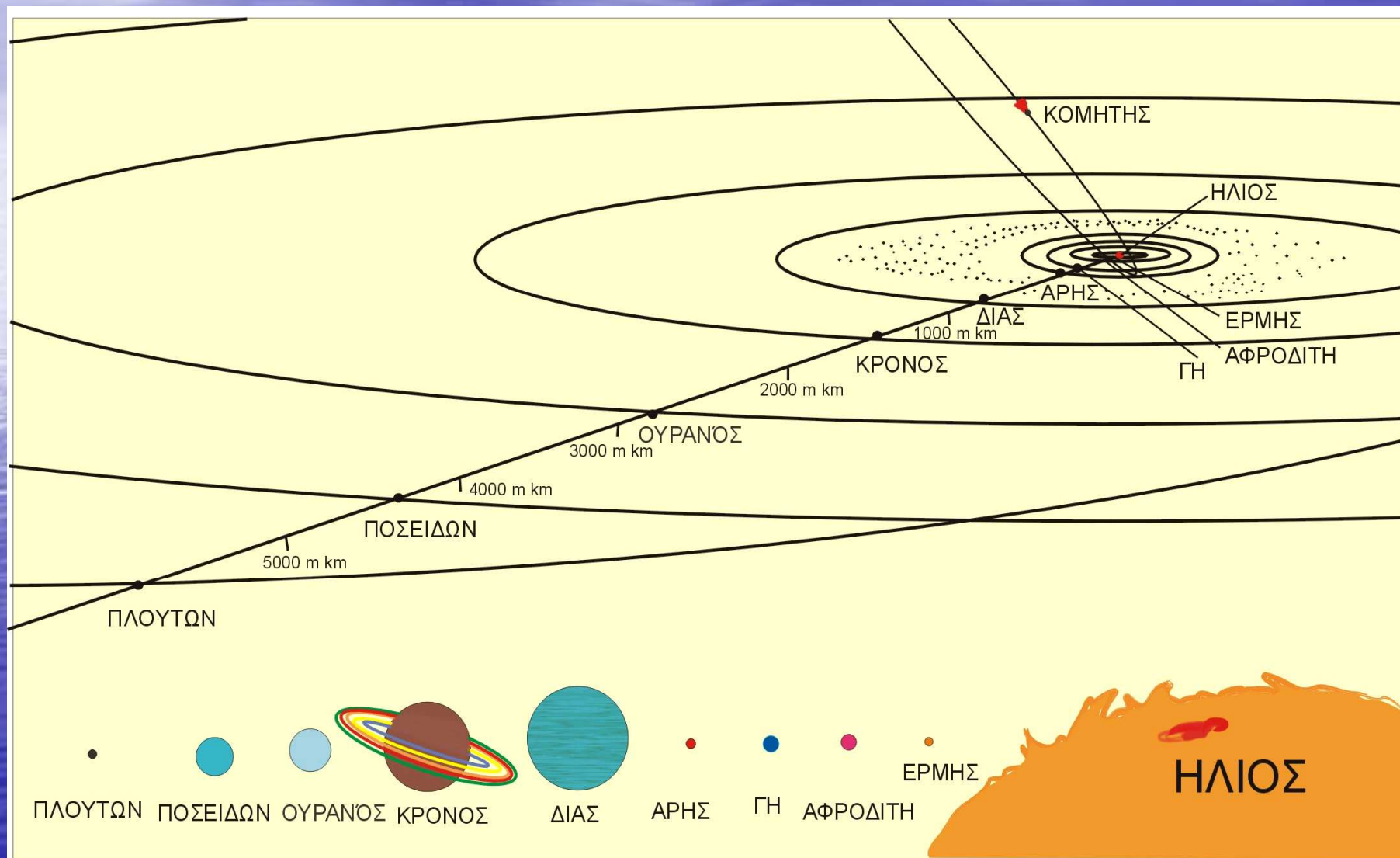


*Σχηματισμός γήινων πλανητών από πλανητίσκους.
Οργανομεταλλικές αντιδράσεις θεωρείται ότι συνέβαιναν
στους πλανητίσκους (υδρόθερμες και θερμικές)*



*Το ηλιακό σύστημά μας σχηματίσθηκε από ένα γιγαντιαίο
σύννεφο αερίου και σκόνης όπως αυτό του νεφελώματος
Orion*

Το ηλιακό μας σύστημα



Πού δημιουργήθηκε η ζωή που υπάρχει στη Γη;

**Σε κάποιο μέρος εκτός της Γης
και μεταφέρθηκε στον πλανήτη μας
(πανσπερμία)**

Στη Γη

**Στην επιφάνεια της Γης
στην ατμόσφαιρα, στους ωκεανούς
ή σε κάποιο μικροπεριβάλλον
(θεωρία “προβιοτικής σούπας”)**

**Στις υδρόθερμες διεξόδους
του ωκεάνιου πυθμένα
(μαύρες και άσπρες καμινάδες)
“αυτοτροφική υπόθεση”**

Big Bang

Θερμοκρασία χρόνου μηδέν

$2 \cdot 10^{12}$ K (πλάσμα \rightarrow πυκνό αέριο)

↓ μετά από 30 sec

$4 \cdot 10^8$ K

↓ μετά από 1 χρόνο

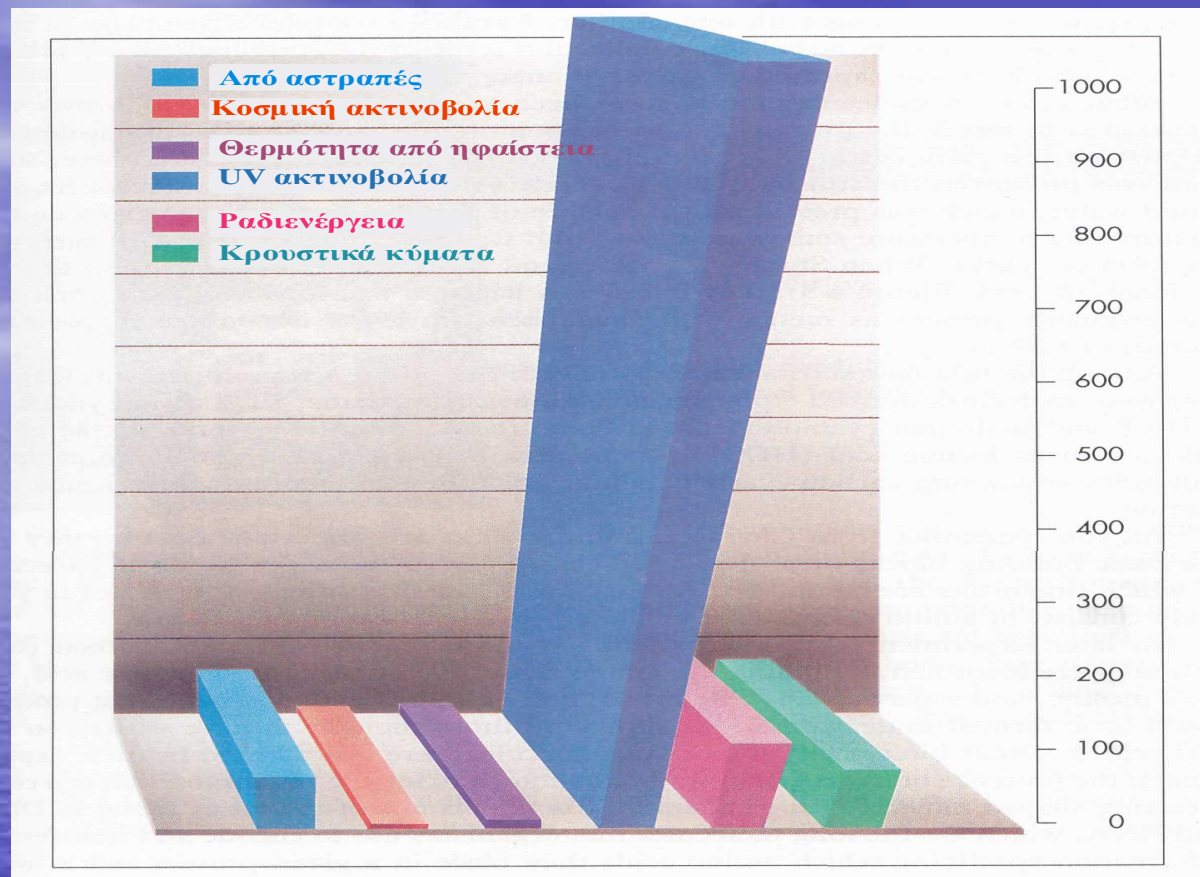
$2 \cdot 10^6$ K

↓ μετά από 1 εκατ. χρόνια

$2 \cdot 10^3$ K

↓

3 K σημερινή θερμοκρασία της
background ακτινοβολίας



Πηγές ενέργειας για τη σύνθεση σύνθετων μορίων στην ατμόσφαιρα της Γης κατά την χρονική περίοδο της εμφάνισης της ζωής

Διατήρησε το ηλιακό σύστημα τη «χημική μνήμη» των μορίων του νέφους από το οποίο δημιουργήθηκε;

Η απάντηση στο ερώτημα αυτό έχει πολλές επιπτώσεις στην ερμηνεία των παραμέτρων

- **Δυναμικές:** Αν διατηρήθηκαν τα μόρια του αρχικού νεφελώματος, σημαίνει ότι η διαδικασία σχηματισμού του ηλιακού συστήματος από το ηλιακό νεφέλωμα, ήταν τουλάχιστον ήπια.
- **Χημικές:** Η σύσταση των σωμάτων του εξωτερικού τμήματος του ηλιακού συστήματος αποτελείται από κάποια μόρια του μεσοαστρικού διαστήματος που υπήρχαν στο αρχικό ηλιακό νεφέλωμα.
- **Βιολογικές:** Αν διατηρήθηκαν προβιοτικά οργανικά μόρια που αργότερα ήρθαν στη Γη με κομήτες και αστεροειδείς έχει βιολογικές επιπτώσεις για το σχηματισμό της ζωής. Το ανθρακούχο υλικό αφθονεί στο εξωτερικό ηλιακό σύστημα π.χ. στην επιφάνεια και την ατμόσφαιρα του Τιτάνα, στην επιφάνεια του μεγαλύτερου δορυφόρου του Ποσειδώνα του Τρίτωνα, στην επιφάνεια την εξωτερικής ζώνης των αστεροειδών και στα σώματα της ζώνης Kuiper, πιθανόν σε περιοχές άλλων δορυφόρων όπως του Ιαπέτου, και βεβαίως στους κομήτες.



Τα πρώτα μόρια - Προβιοτική Χημεία

ΕΞΕΛΙΞΗ \equiv Διαδικασία 13,8 δισεκατομμυρίων χρόνων

Προέλευση του $\xrightarrow{\text{ΕΞΕΛΙΞΗ}}$ **Σχηματισμός του**
σύμπαντος \rightarrow **δικού μας ΚΟΣΜΟΥ**

Κοσμική (άτομα)
 \rightarrow

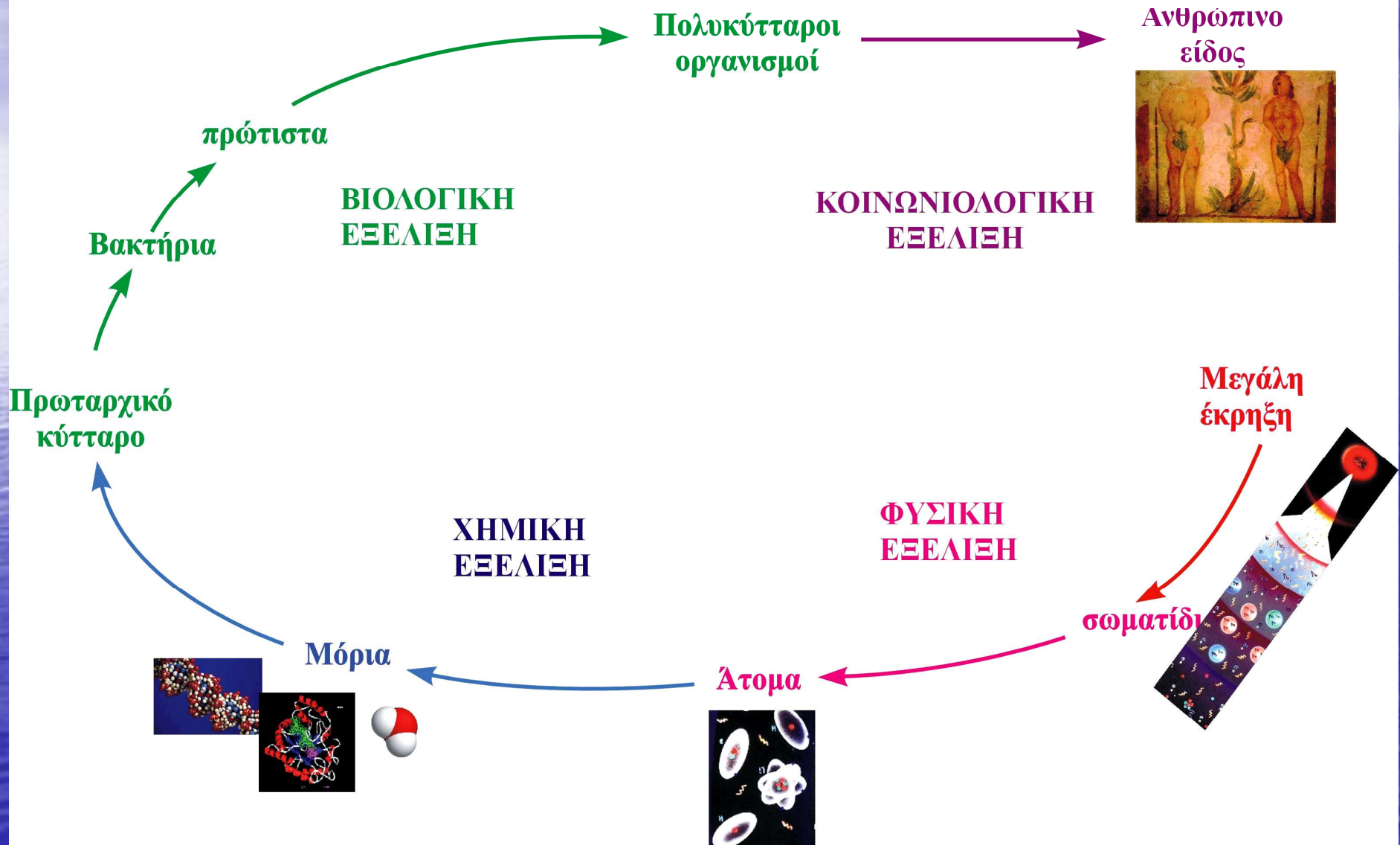
Χημική (μόρια)
 \rightarrow

ΦΑΣΕΙΣ :

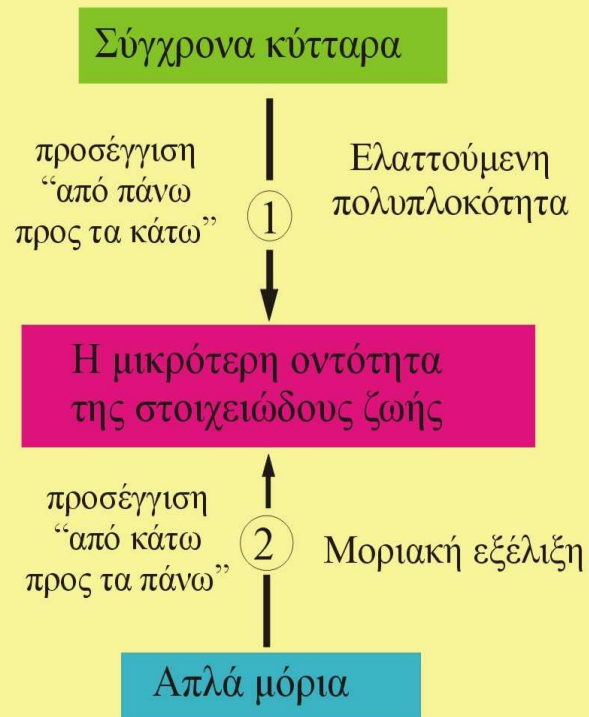
Βιολογική (κύτταρο)
 \rightarrow

Πολιτιστική (άνθρωπος)
 \rightarrow

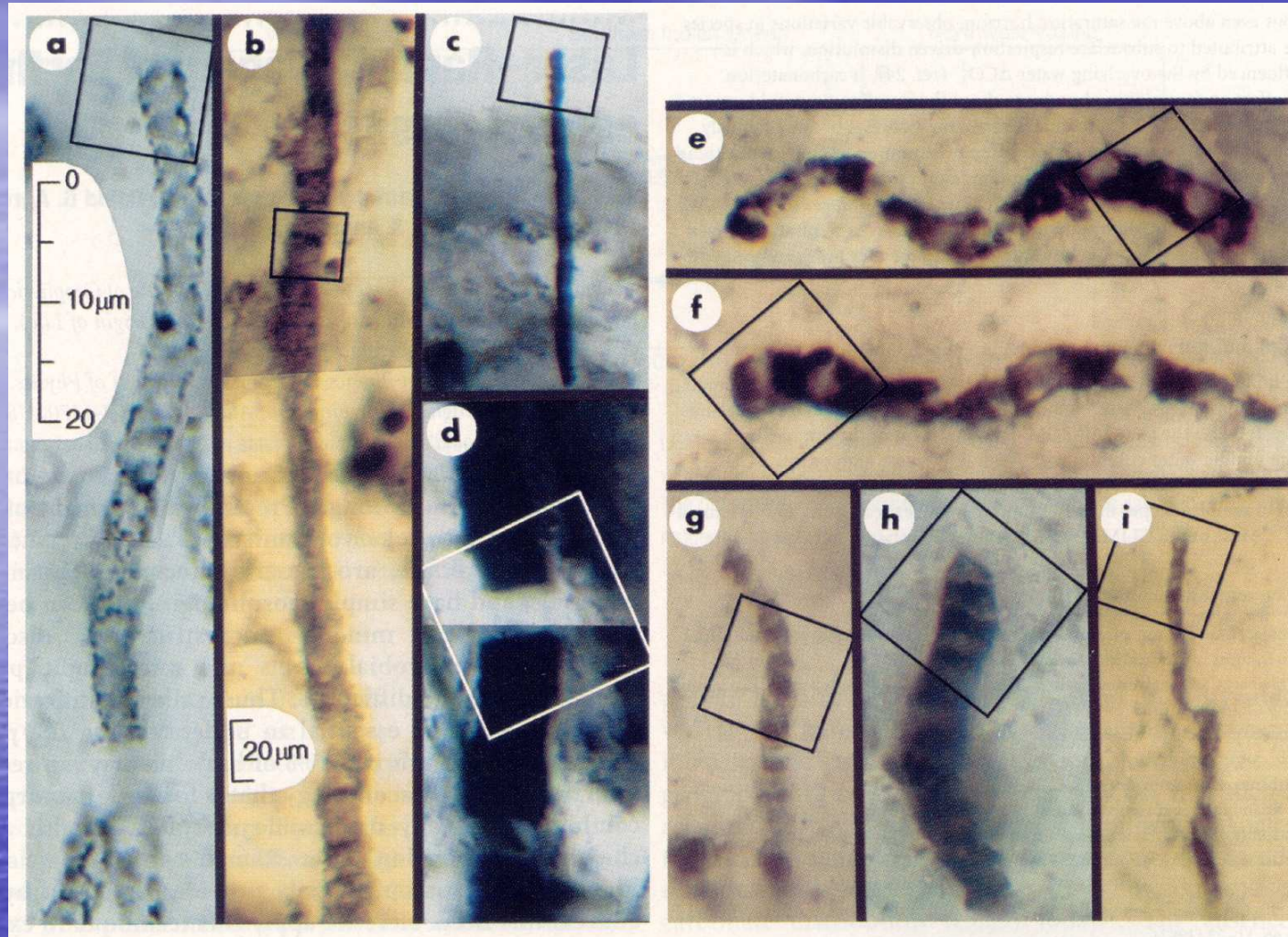
Η εξέλιξη από το *BIG BANG* στον άνθρωπο



Οι δύο τρόποι έρευνας της προέλευσης της ζωής

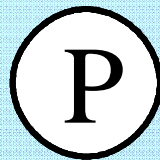


Δύο προσεγγίσεις στο θέμα της προέλευσης της ζωής



- a, Κυλινδρικό προκαρυωτικό ινίδιο 770 εκ. χρόνων από τη Ν. Αυστραλία.
 b. *Gunflintia grandis* ~2.100 εκ. χρόνων από το Ontario του Καναδά.
 c, d, Προκαρυωτικά 3.375 εκ. χρόνων από τη Ν. Αφρική
 e-i, Κυτταρικά μικροβιακά ινίδια ~3.465 εκ. χρόνων από τη Δ. Αυστραλία

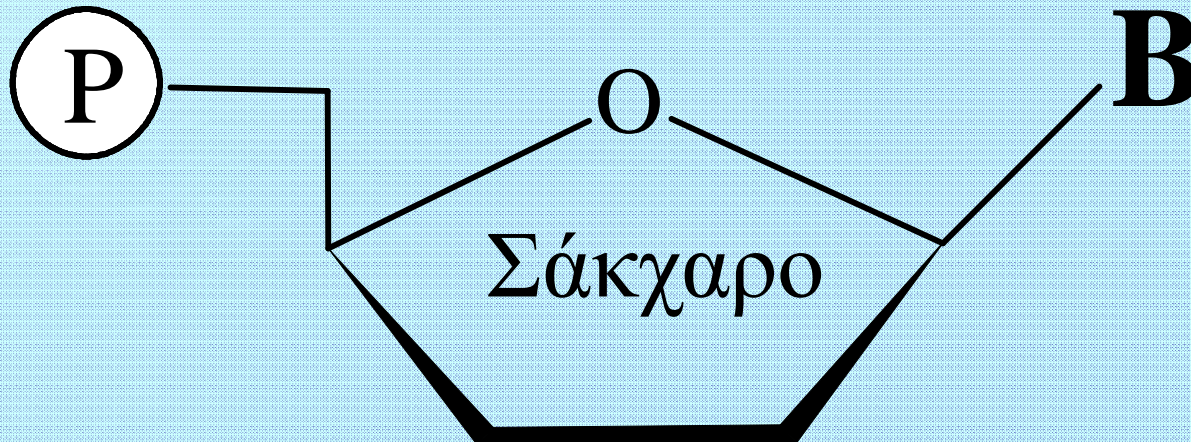
Φωσφορική
ομάδα

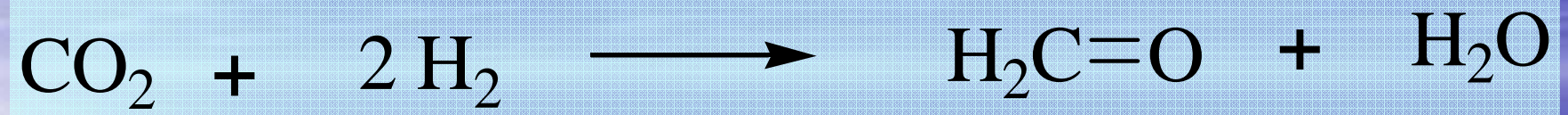


Αζωτούχος
Βάση

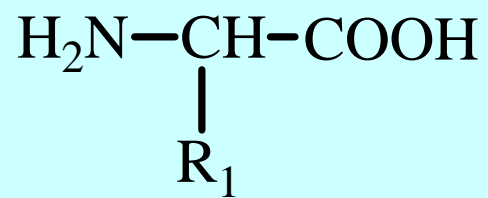


Σάκχαρο

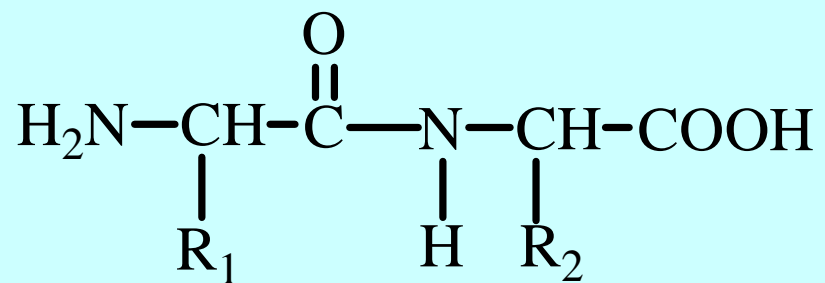
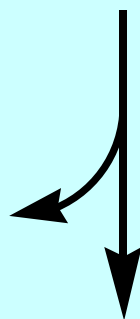
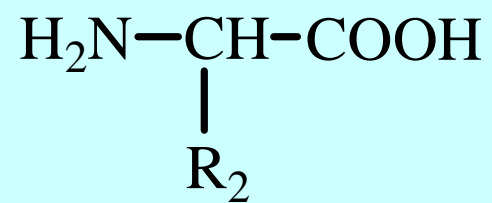


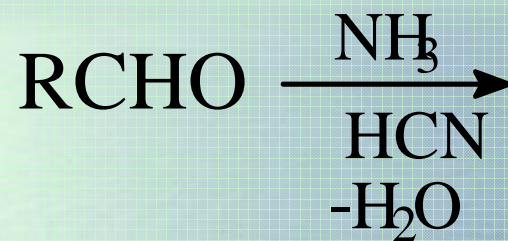


Γλυκόζη = $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = (\text{CH}_2\text{O})_6$ (CH_2O = φορμαλδεΰδη)

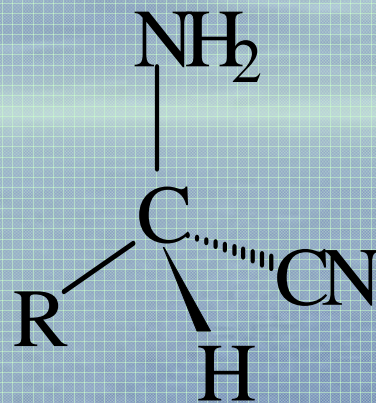


+

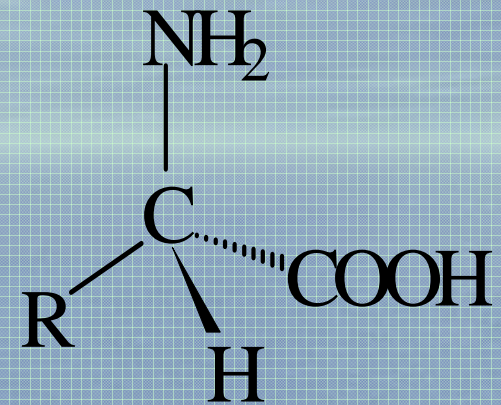
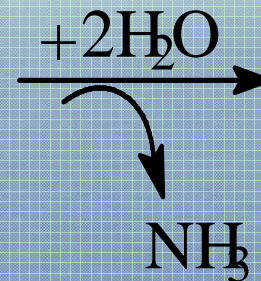




αλδεϋδη



αμινονιτρίλιο



αμινοξύ

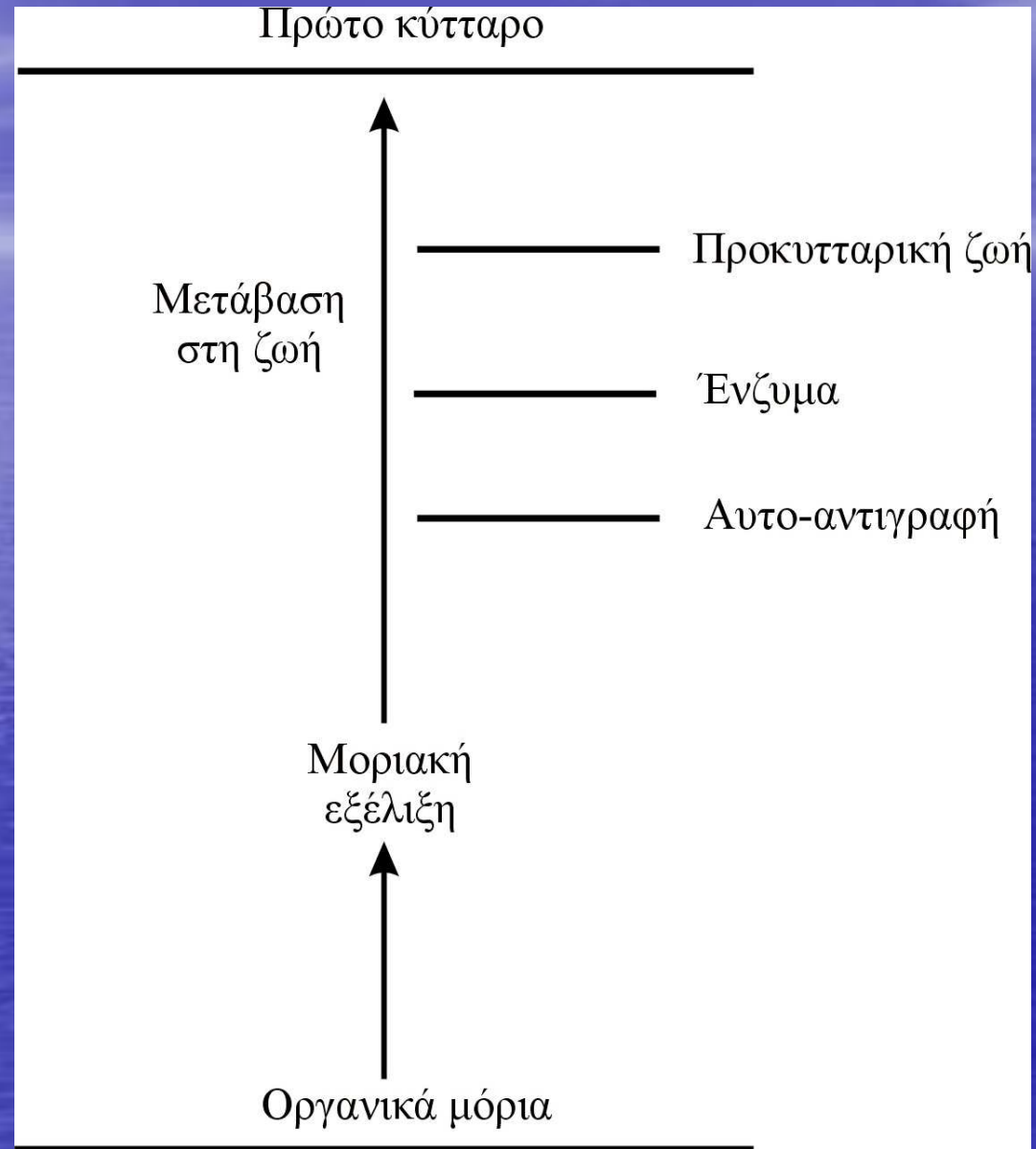
Η δημιουργία της ζωής



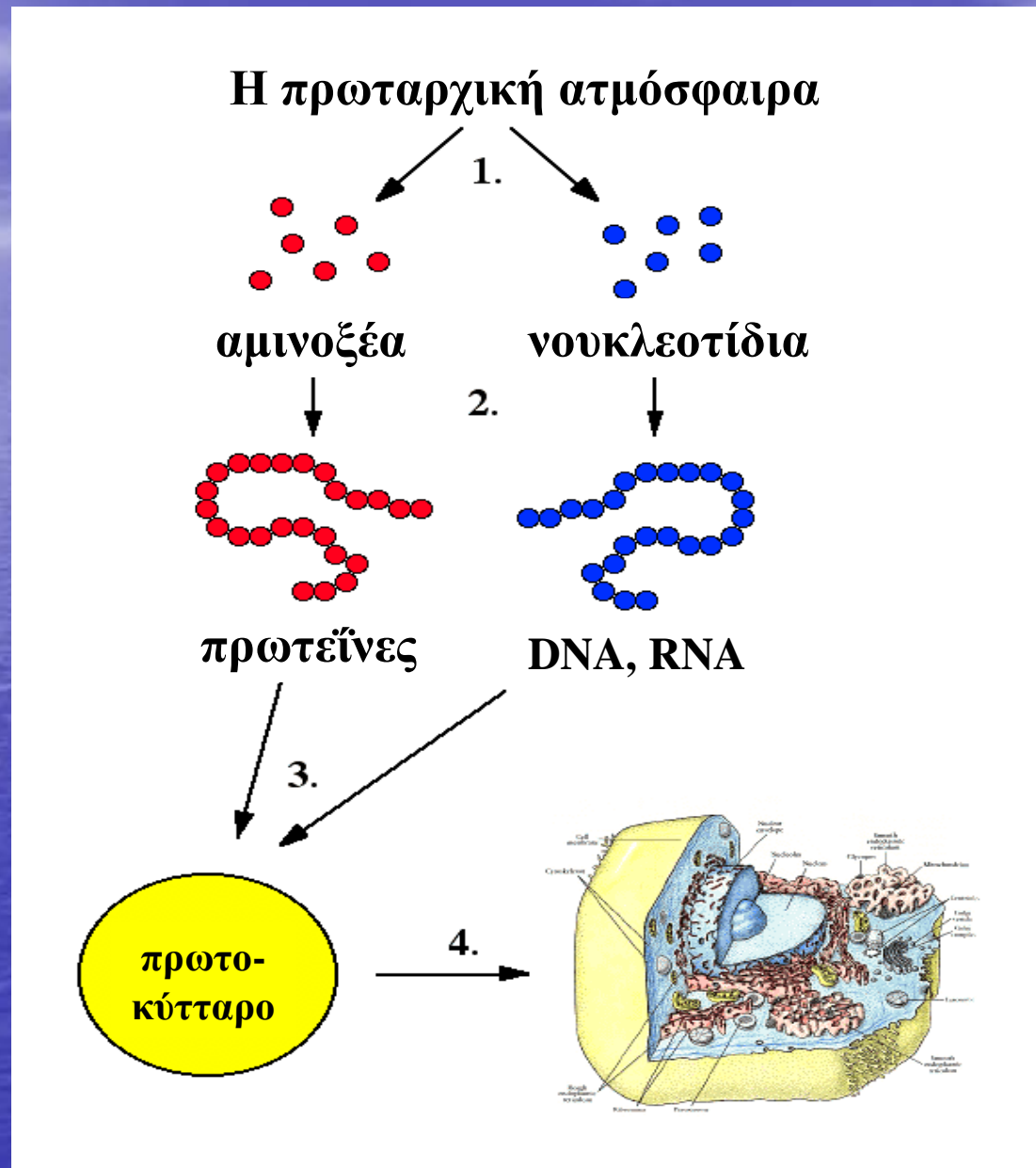


Τα δύο πρώτα στάδια της χημικής εξέλιξης της ζωής, περιλαμβάνουν:

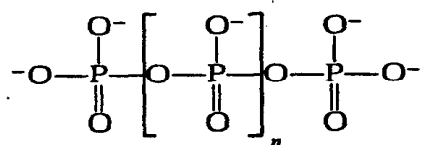
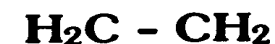
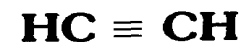
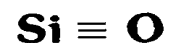
- την αβιοτική σύνθεση και συσσώρευση των μικρών οργανικών μορίων, ή των δομικών λίθων της ζωής, όπως αμινοξέων, νουκλεοτιδίων, σακχάρων και λιπαρών οξέων
- τη σύνδεση αυτών των μονομερών σε πολυμερή, δηλαδή σε πρωτεΐνες, νουκλεϊνικά οξέα, υδατάνθρακες και λιπίδια



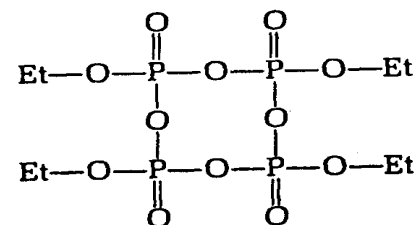
Πως μπορούμε να δείξουμε ότι:



Προβιοτικά μονομερή της «πρωταρχικής σούπας»



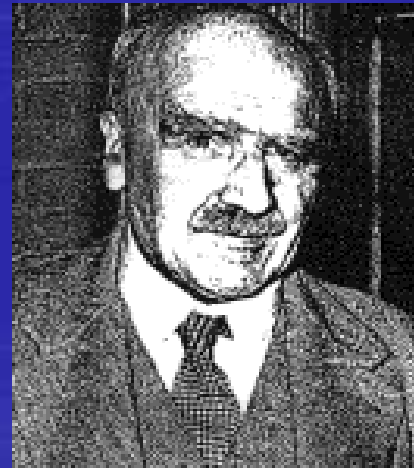
πολυμεταφωσφορικό



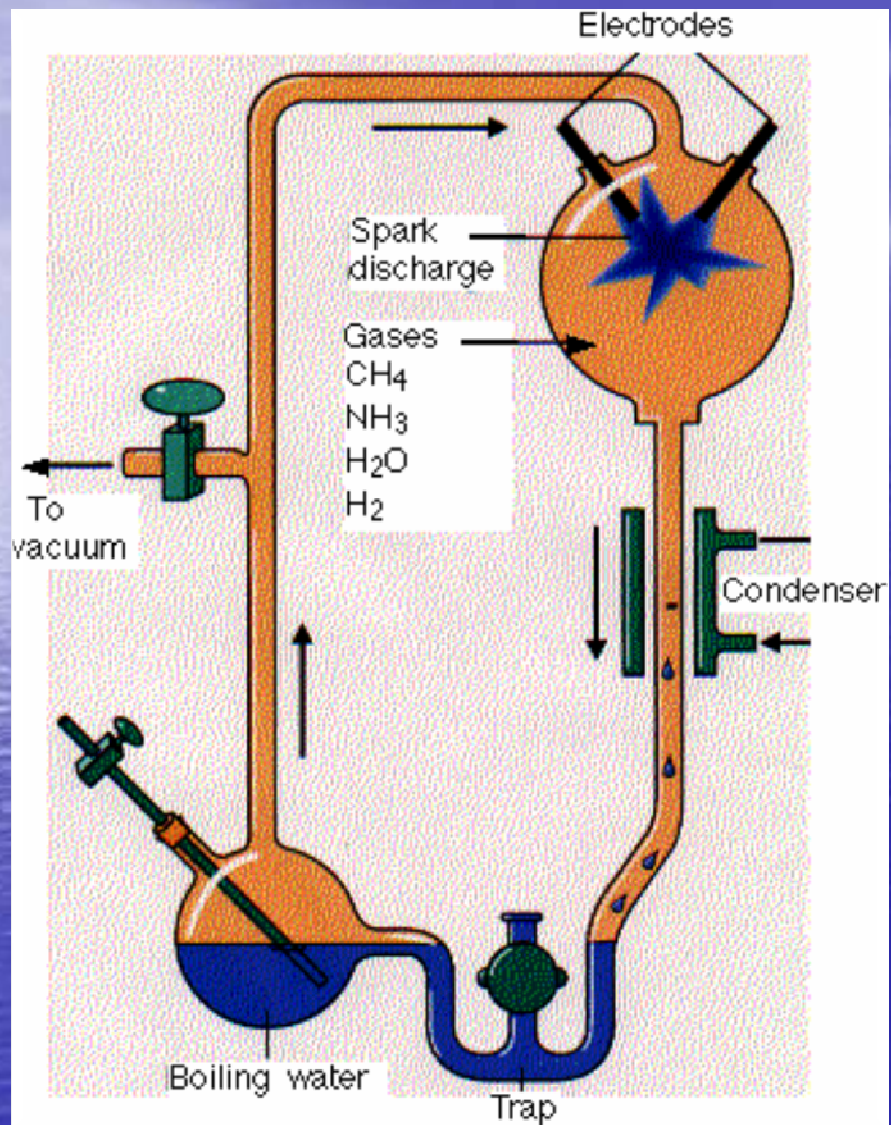
πολυφωσφορικός
αιθυλεστέρας



A. I. Oparin
(1894-1980)



J.B.S Haldane
(1892-1964)



Harold Urey
(1893-1981)

**1934 βραβείο
Nobel Χημείας**



Stanley L. Miller
(1930-2007)

Δ.Α.Κ. 2009



Μερικές από τις ενώσεις που σχηματίστηκαν σε πειράματα τύπου Miller-Urey και πιστεύεται ότι υπήρχαν στην προβιοτική Γη



φορμαλδεύδη (μεθανάλη)



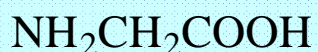
μυρμηγκικό οξύ (μεθανικό οξύ)



υδροκυάνιο



οξικό οξύ (αιθανικό οξύ)



γλυκίνη



γαλακτικό οξύ



αλανίνη



σαρκοσίνη



ουρία

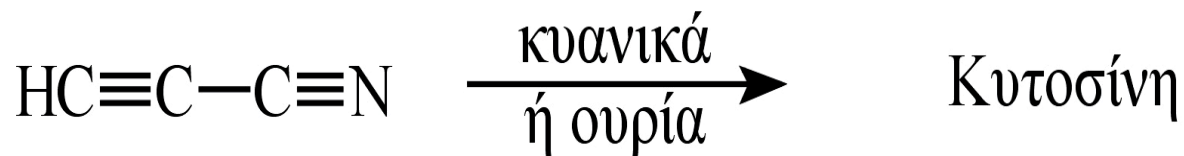
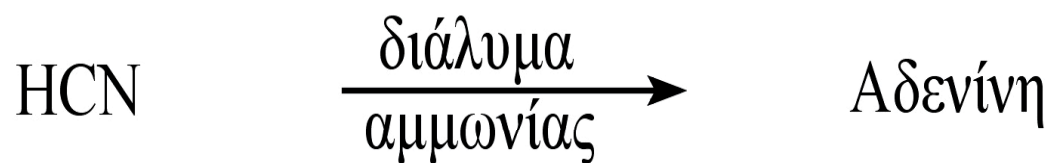


ασπαραγινικό οξύ

αλανίνη
αργινίνη
ασπαραγίνη
ασπαραγινικό οξύ
βαλίνη
γλουταμινικό οξύ
γλυκίνη
θρεονίνη
ισολευκίνη
ιστιδίνη
κυστεΐνη
λευκίνη
λυσίνη
μεθειονίνη
προλίνη
σερίνη
τρυπτοφάνη
τυροσίνη
φαινυλαλανίνη

α,β-διαμινοπροπιονικό οξύ
α,γ-διαμινοβουτυρικό οξύ
α-αμινο n-βουτυρικό οξύ
α-αμινο n-επτανοϊκό οξύ
α-αμινο ισοβουτυρικό οξύ
αλλοθρεονίνη
αλλοϊσολευκίνη
β-αλανίνη
β-αμινο ισοβουτυρικό οξύ
γ-αμινο n-βουτυρικό οξύ
ισοσερίνη
νορβαλίνη
νορλευκίνη
ομοκυστεΐνη
ομοσερίνη
ορνιθίνη
τιπτεκολικό οξύ
τρίτοταγής λευκίνη

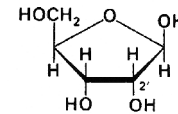
Προβιοτικός σχηματισμός οργανικών ενώσεων



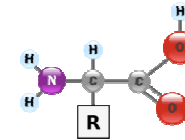
Prebiotic Formation of Organic Compounds

Basic Biological Molecules

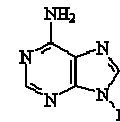
CH_2O $\xrightarrow{\text{Ca(OH)}_2}$ **sugars, ribose**



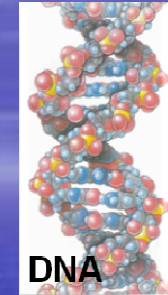
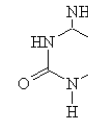
$\text{CH}_4 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\xrightarrow[\text{discharges}]{\text{electric}}$ **amino acids**



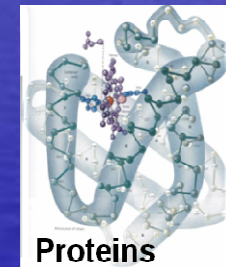
HCN $\xrightarrow[\text{solution}]{\text{ammonia}}$ **adenine**



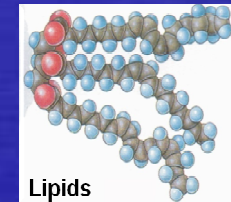
$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$ $\xrightarrow[\text{urea}]{\text{cyanides or}}$ **cytosine**



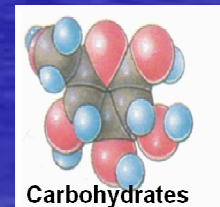
DNA



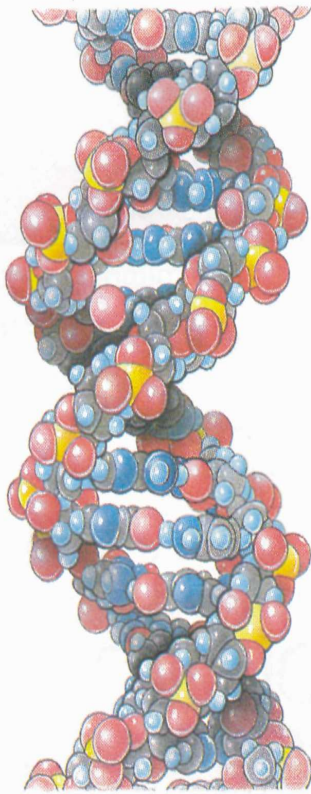
Proteins



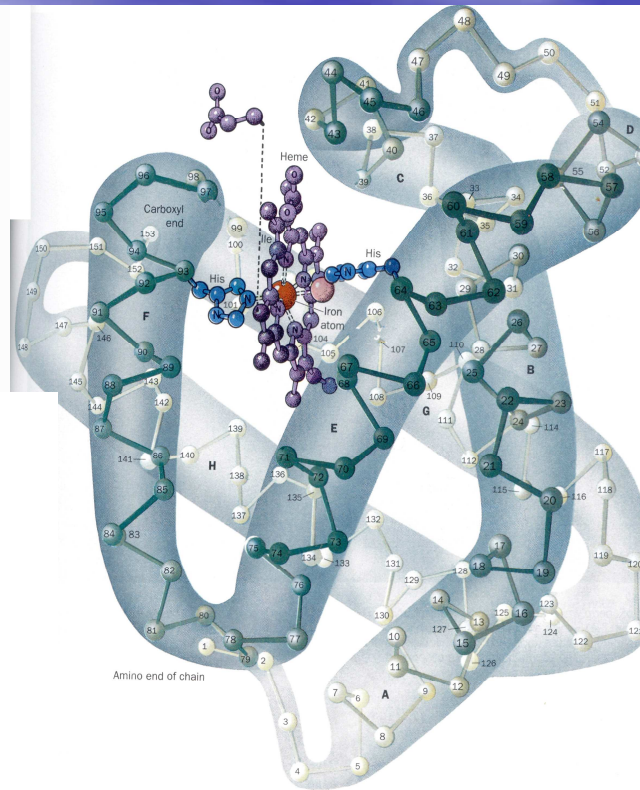
Lipids



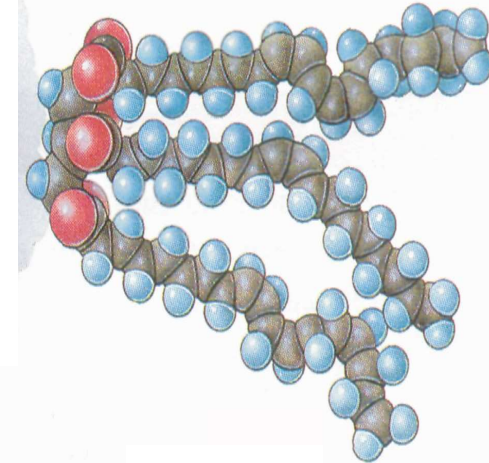
Carbohydrates



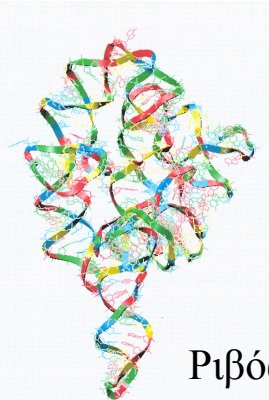
DNA



Πρωτεΐνη

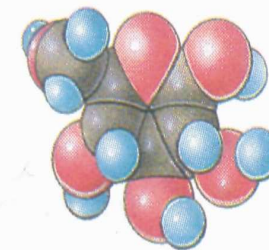


Λιπίδιο

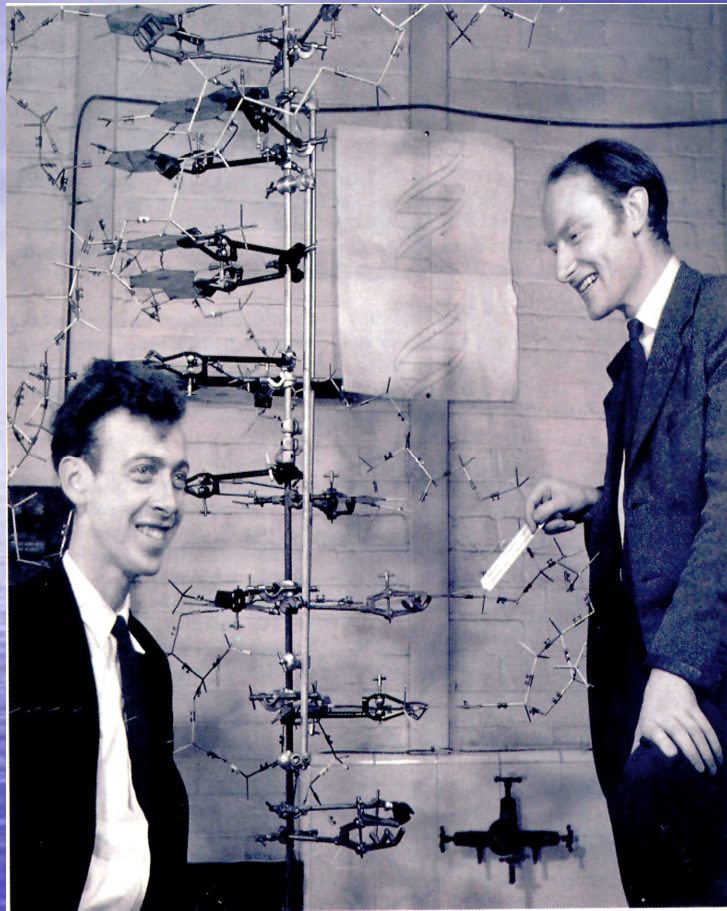


Ριβόζυμο

Τα βασικά είδη των βιολογικών μορίων



Υδατάνθρακας



James Watson Francis Crick
Βραβείο Nobel 1959

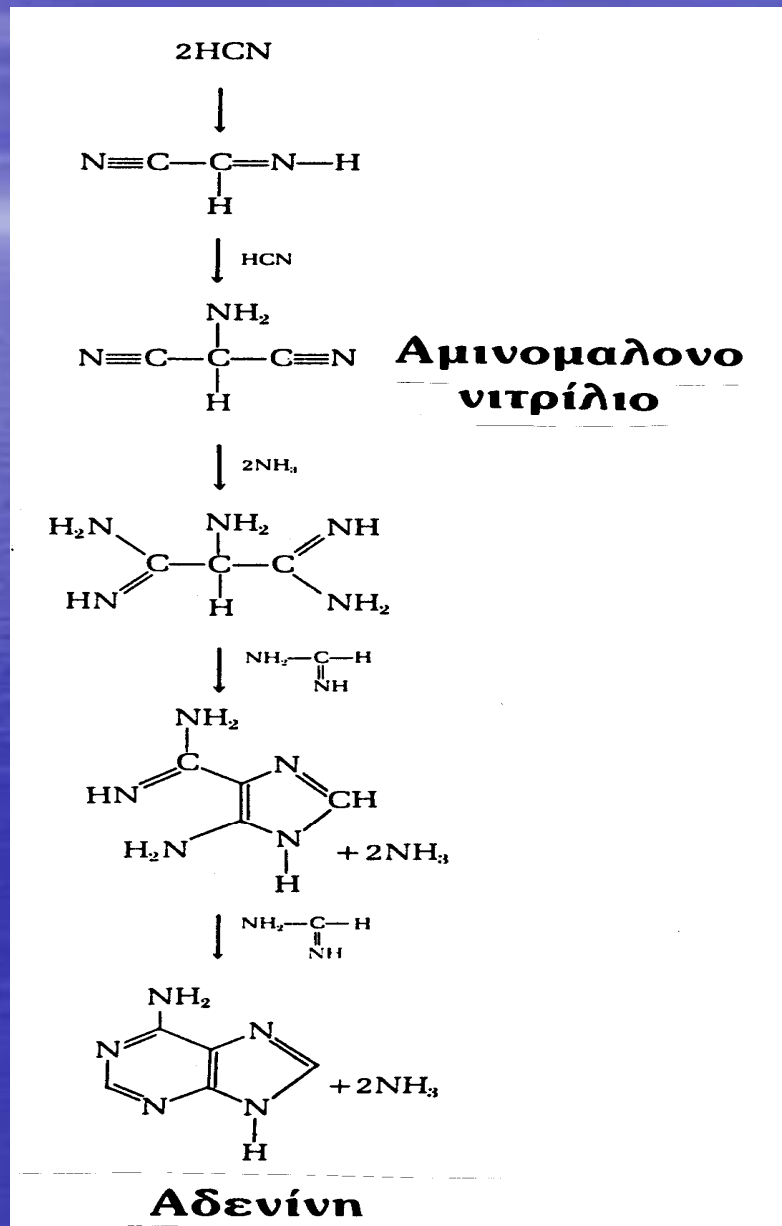


Frederick Sanger
Βραβείο Nobel 1958
Βραβείο Nobel 1980

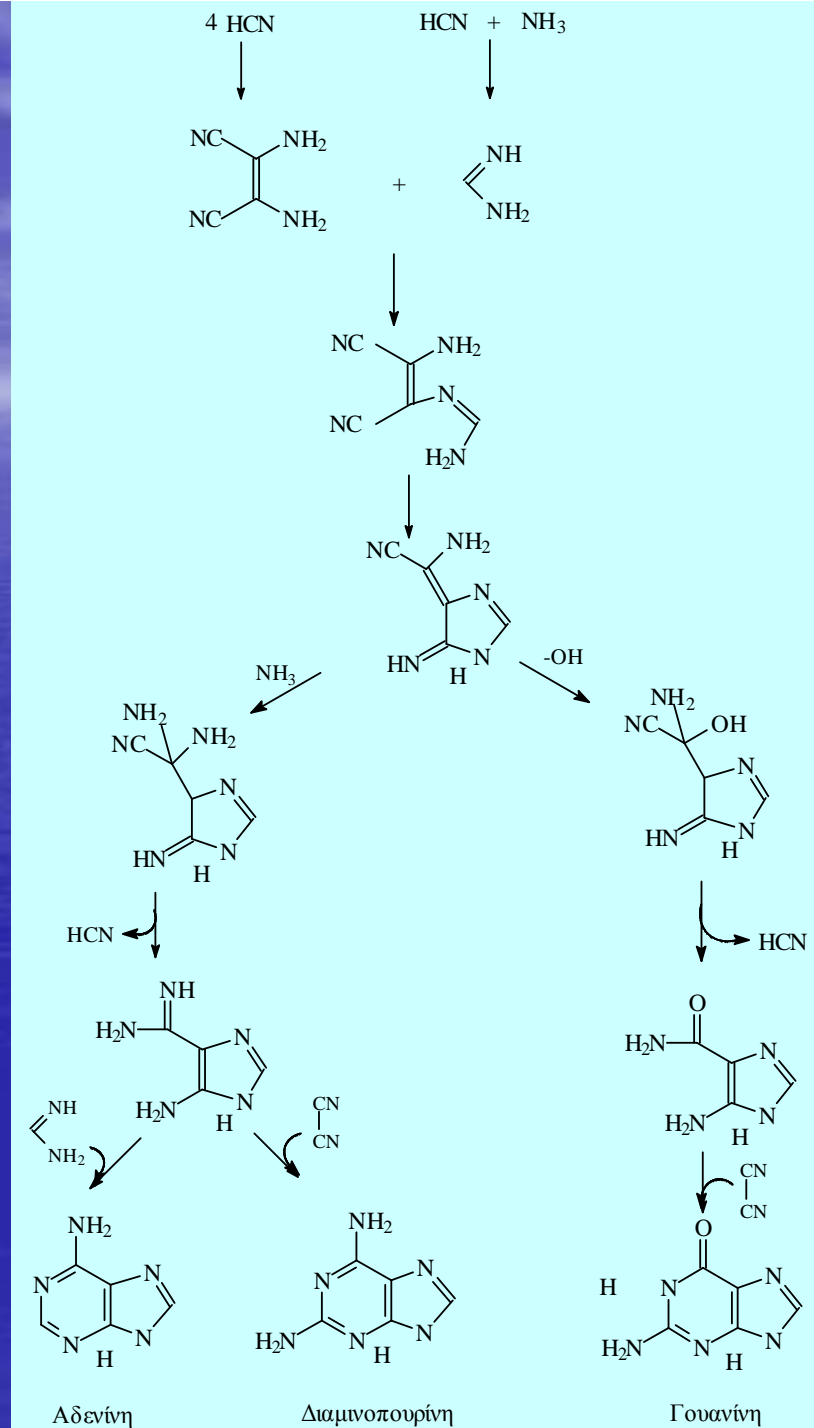


Stanley L. Miller
(1930 - 2007)

Προβιοτικός σχηματισμός αδενίνης

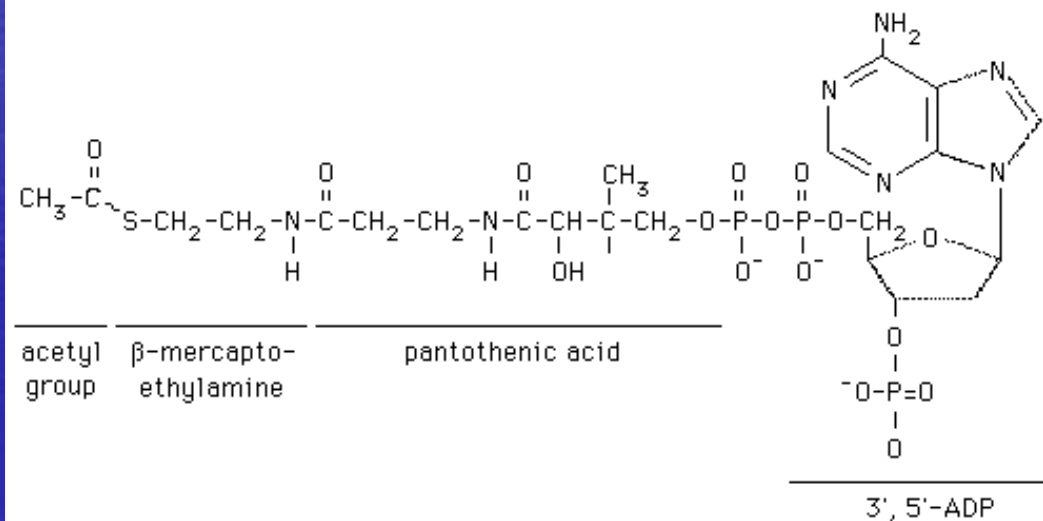
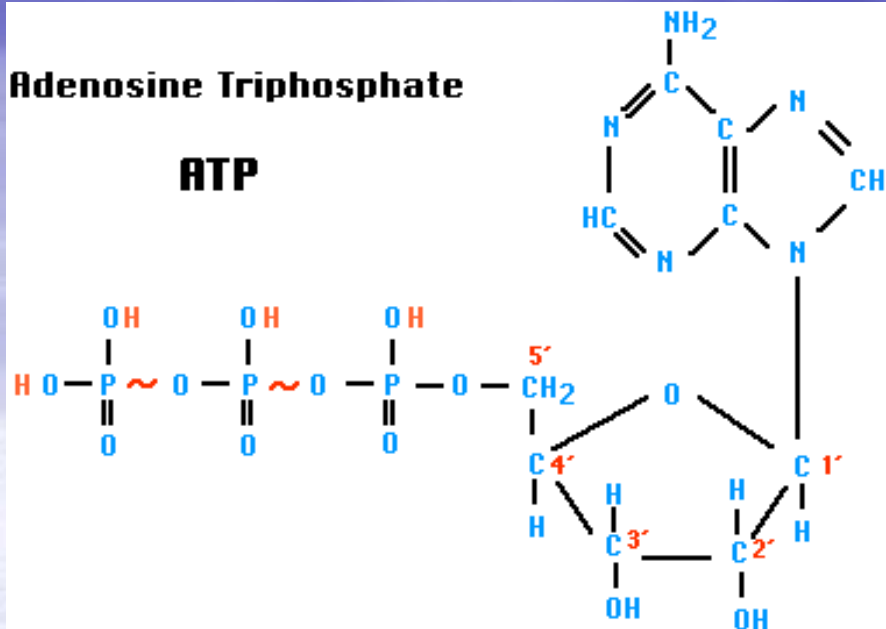


Προτεινόμενος προβιοτικός μηχανισμός σύνθεσης αδενίνης & υποξανθίνης

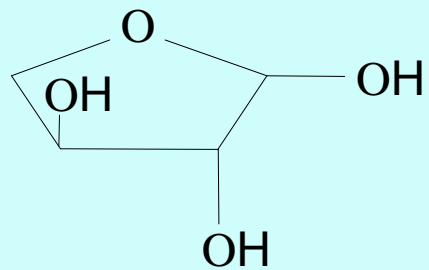


Adenosine Triphosphate

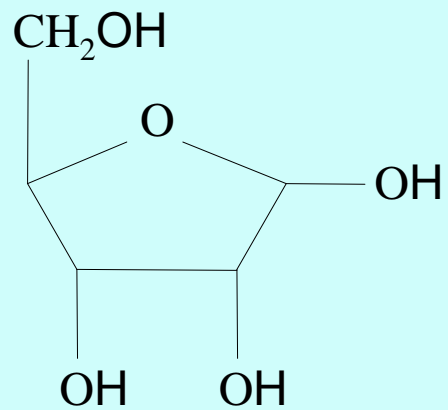
ATP



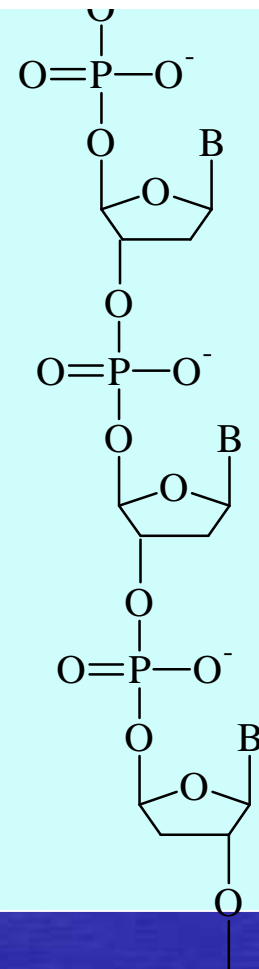
Acetyl coenzyme A, showing its constituents



θρεόζη



ριβόζη



TNA
Threofura
nosyl-NA

3',5'
2',5'
2',2'
3',3'
5',5'

φωσφορικά

πυροφωσφορικά

πολυφωσφορικά

αλκυλφωσφορικά

αδενίνη, γουανίνη

διαμινοπουρίνη

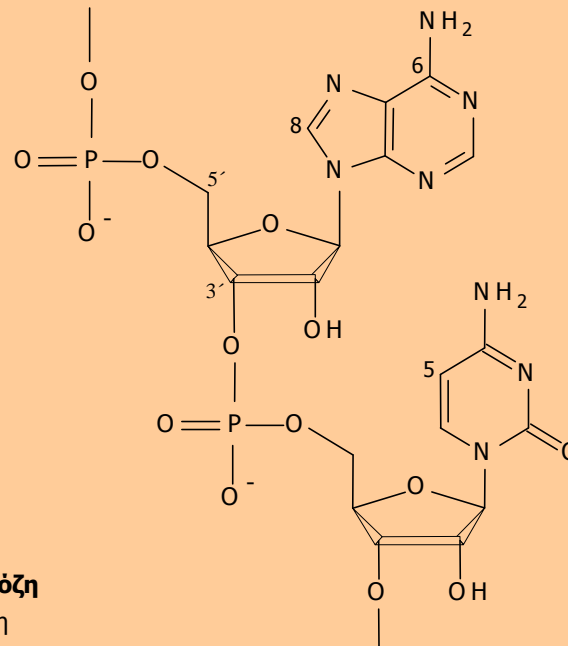
υποξανθίνη

ξανθίνη

ισογουανίνη

N6-υποκατεστημένες πουρίνες

C8-υποκατεστημένες πουρίνες



β **D** **ριβο** **φουρανόζη**
α **L** **ξυλο** **πυρανόζη**
αραβινο

τετρώζες

εξόζες

διακλαδισμένα σάκχαρα

κυτοσίνη, ουρακίλη

διαμινοπυριμιδίνη

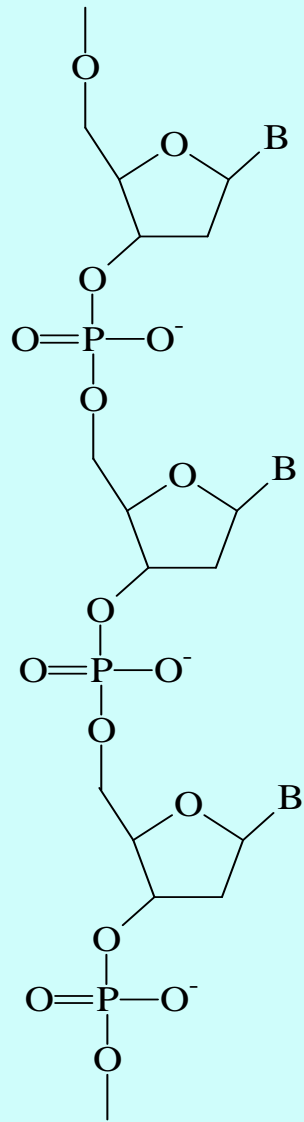
διυδροουρακίλη

οροτικό οξύ

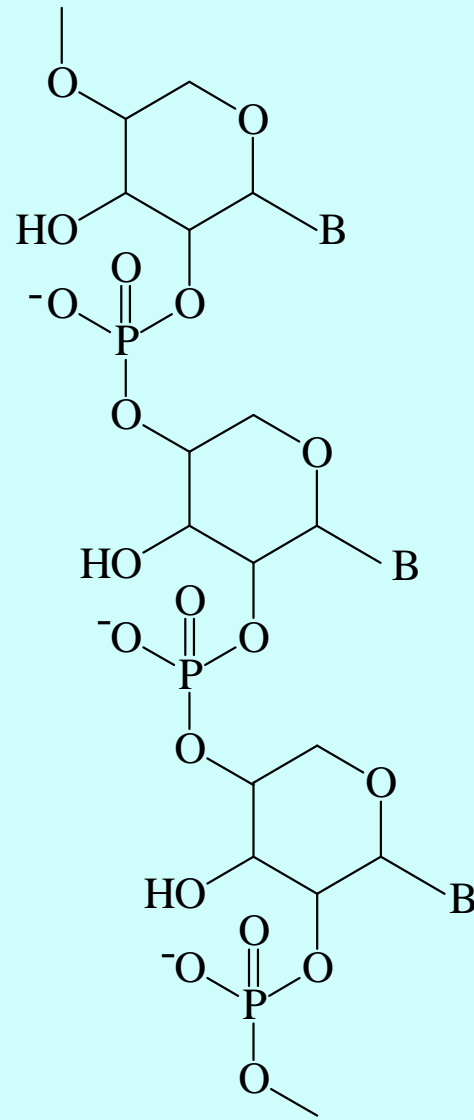
C5-υποκατεστημένες πυριμιδίνες

Πλήθος προβιοτικών ενώσεων με δομή παρόμοια του RNA

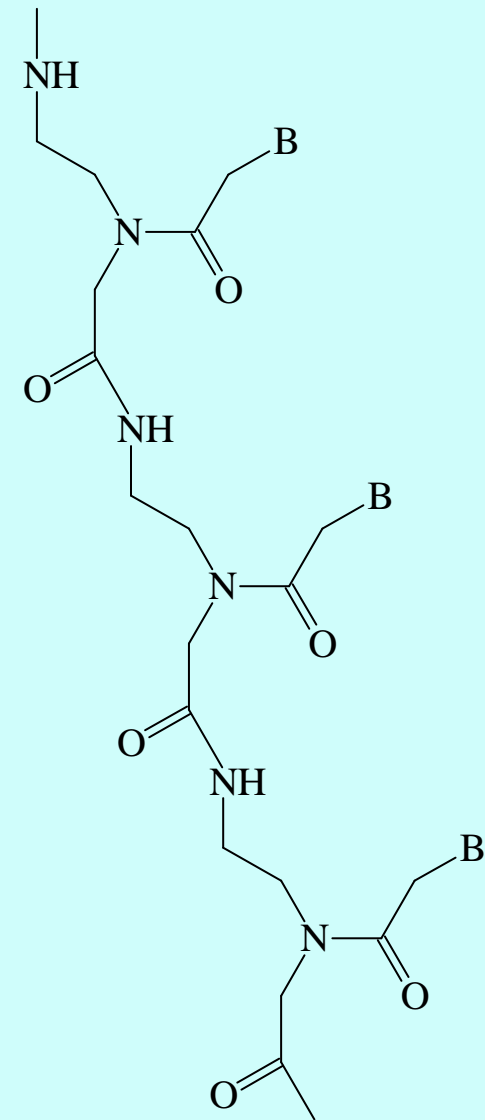
DNA

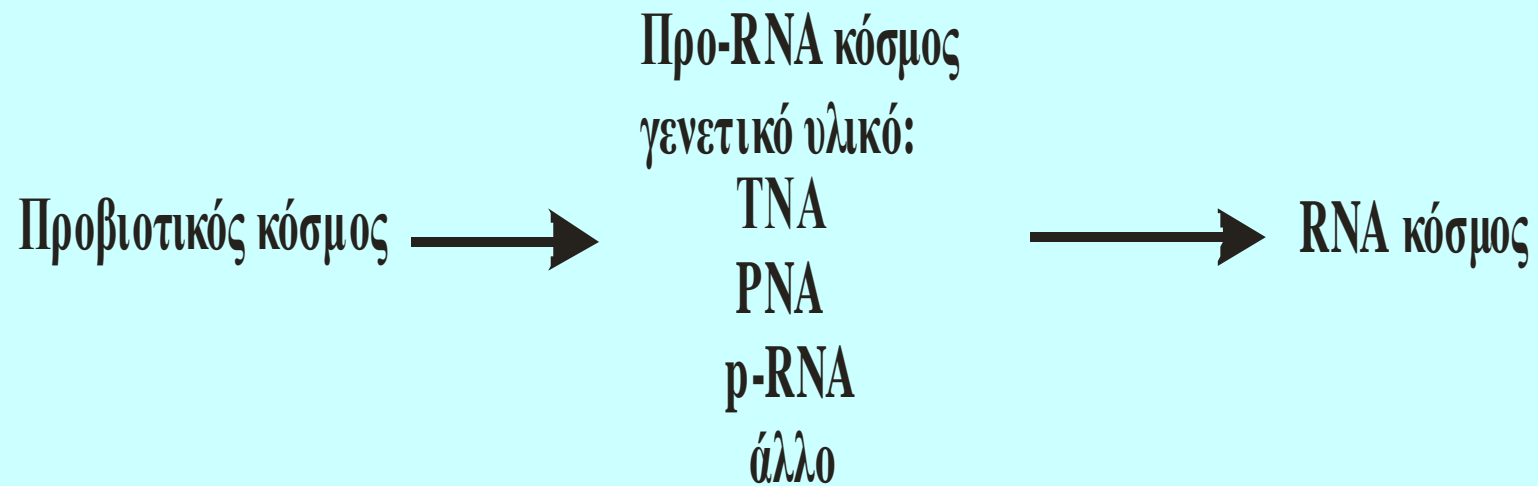


πιρανόσυλ ανάλογο
του RNA (p-RNA)

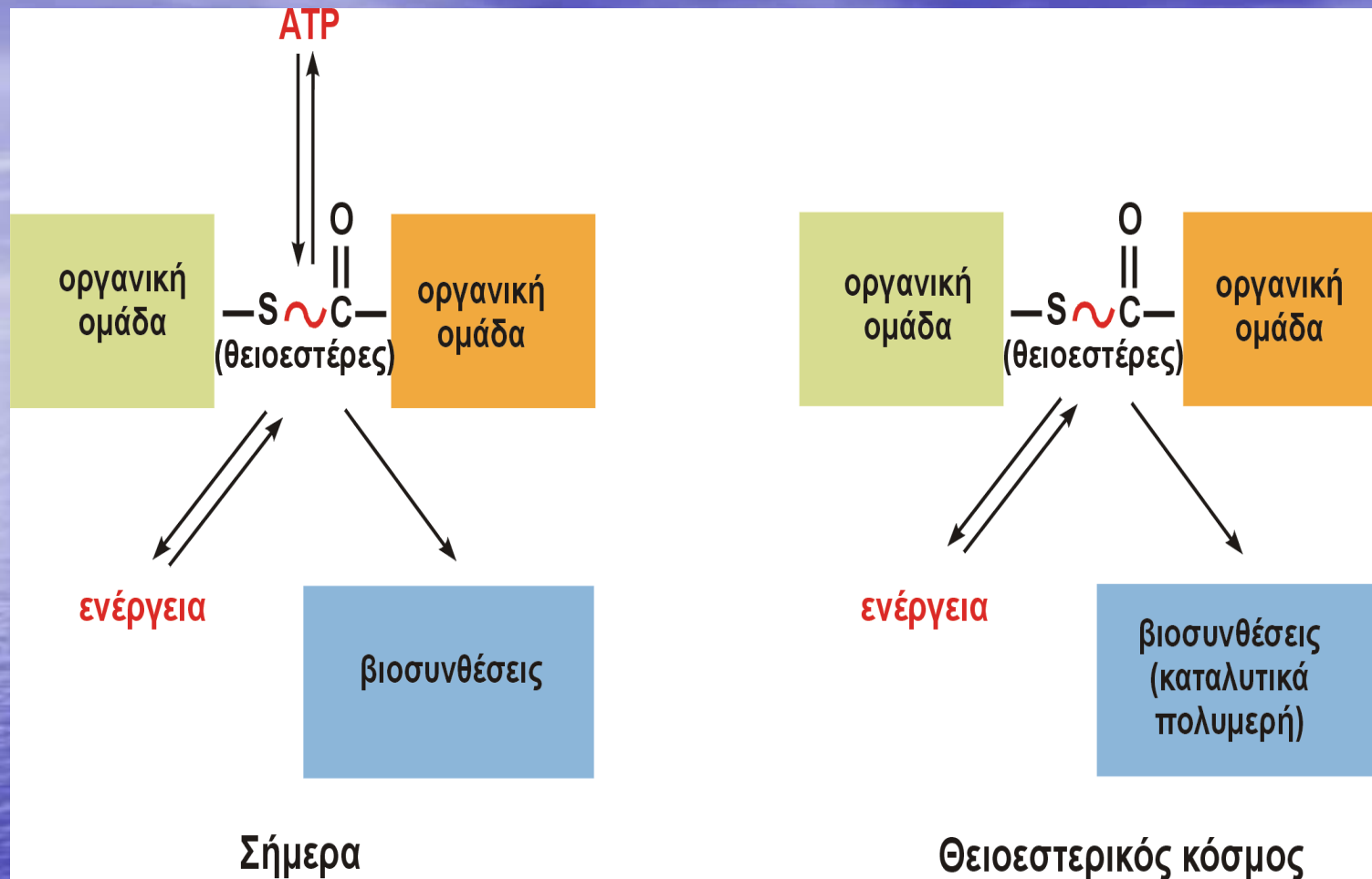


πεπτιδονουκλεϊνικό
οξύ (PNA)





Προ-RNA κόσμος με διαφορετικό γενετικό υλικό



Η θέση των θειοστέρων ως κεντρικά μόρια στον σημερινό κόσμο και στον «θειοεστερικό κόσμο»

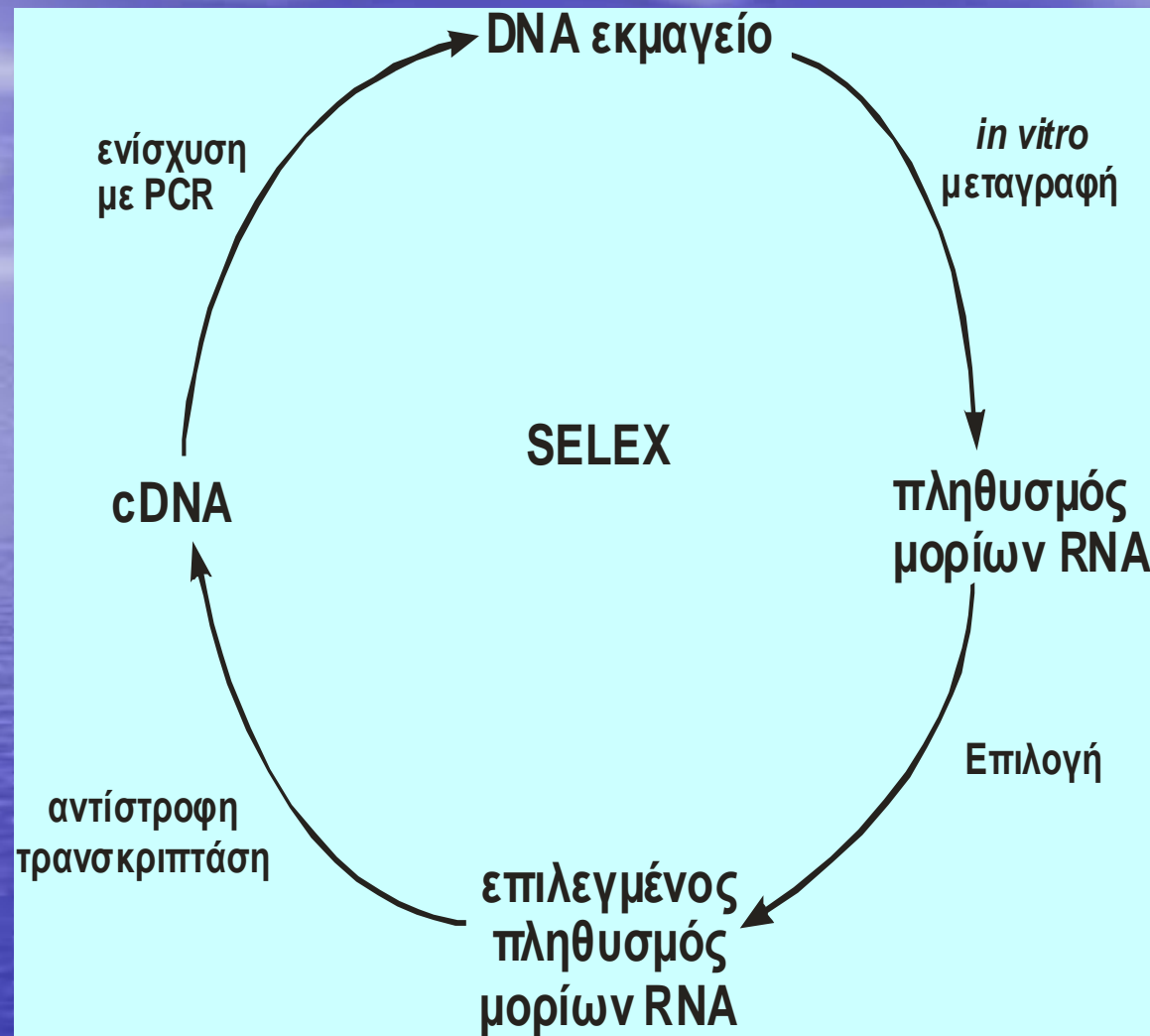
Κύριες εξελίξεις του RNA κόσμου

Πρωτόγονο γονιδίωμα (RNA)

Πρωτεΐνοσύνθεση

Γενετικός κώδικας

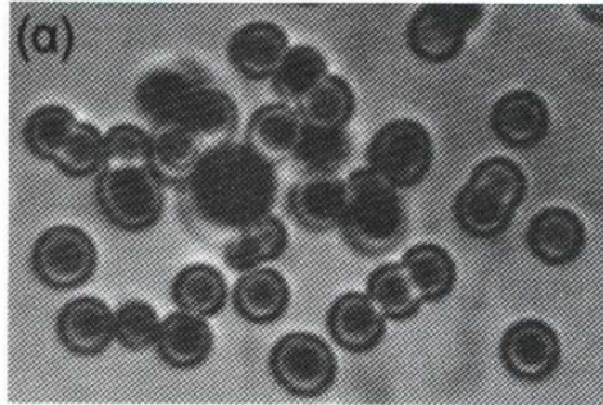
Πρώτα ένζυμα



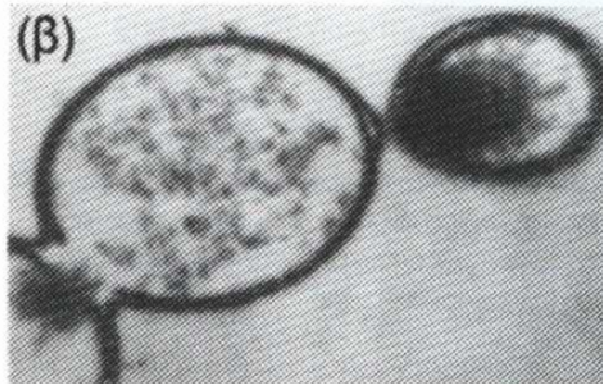
Σχηματική αναπαράσταση της in vitro εξέλιξης- επιλογής (SELEX)
(In vitro selection-evolution, SELEX)



Sidney W. Fox
(1912-1998)



μεγένθυση x690

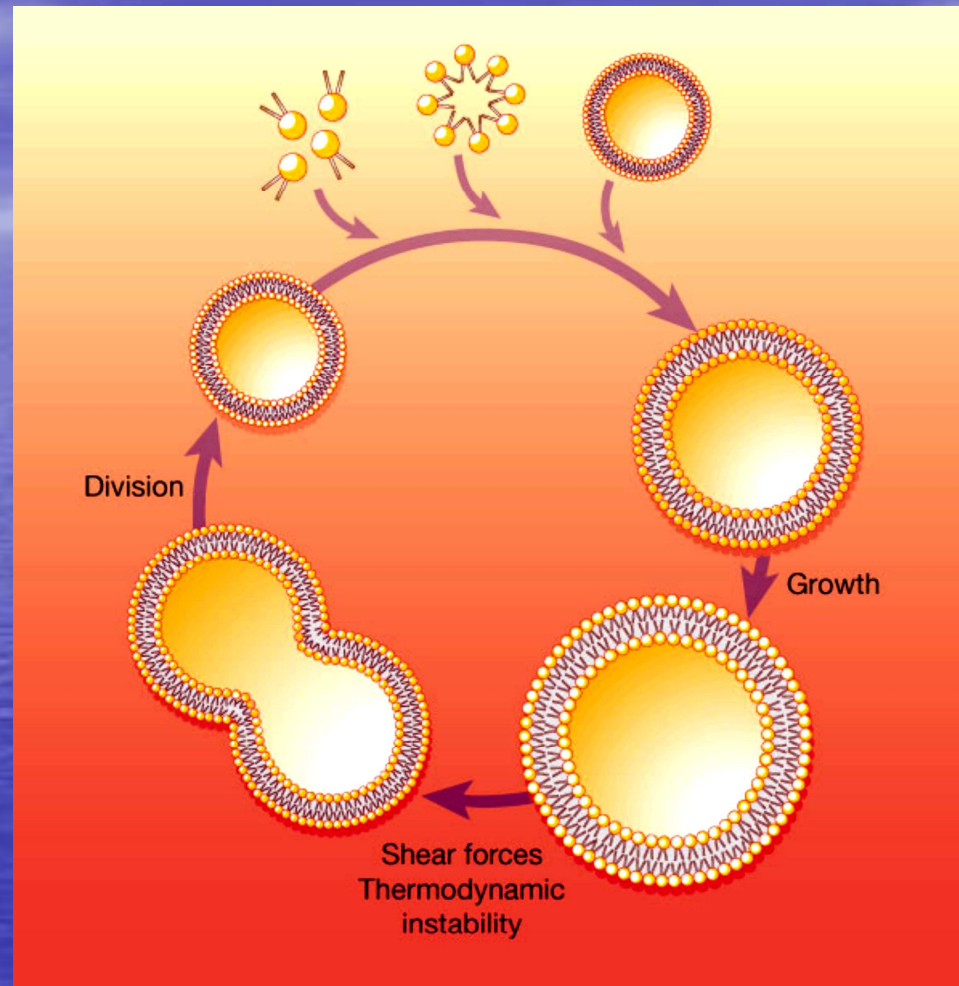


μεγένθυση x7800

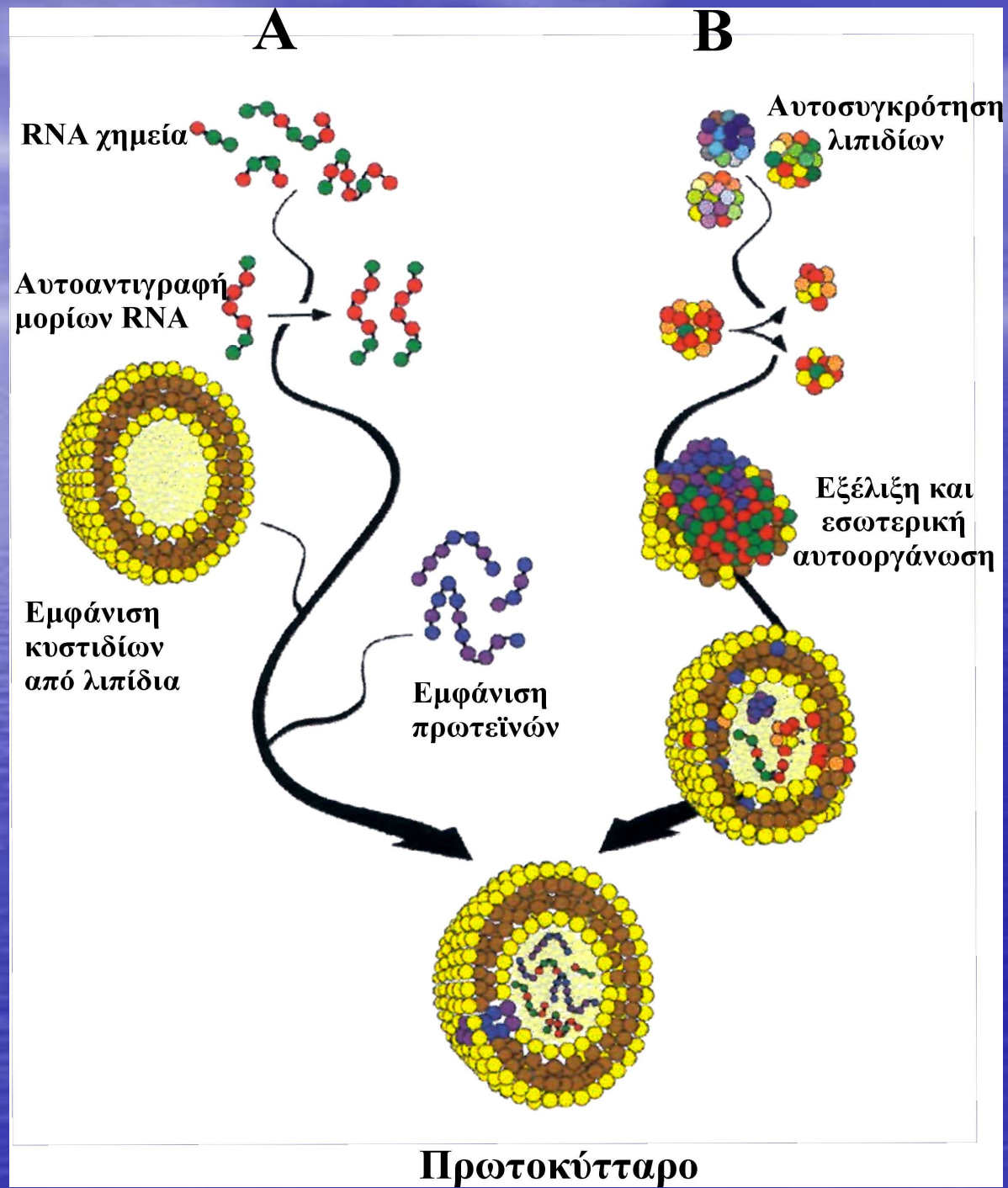
πρωτεϊνοειδείς μικρόσφαιρες

Δ.Α.Κ. 2009

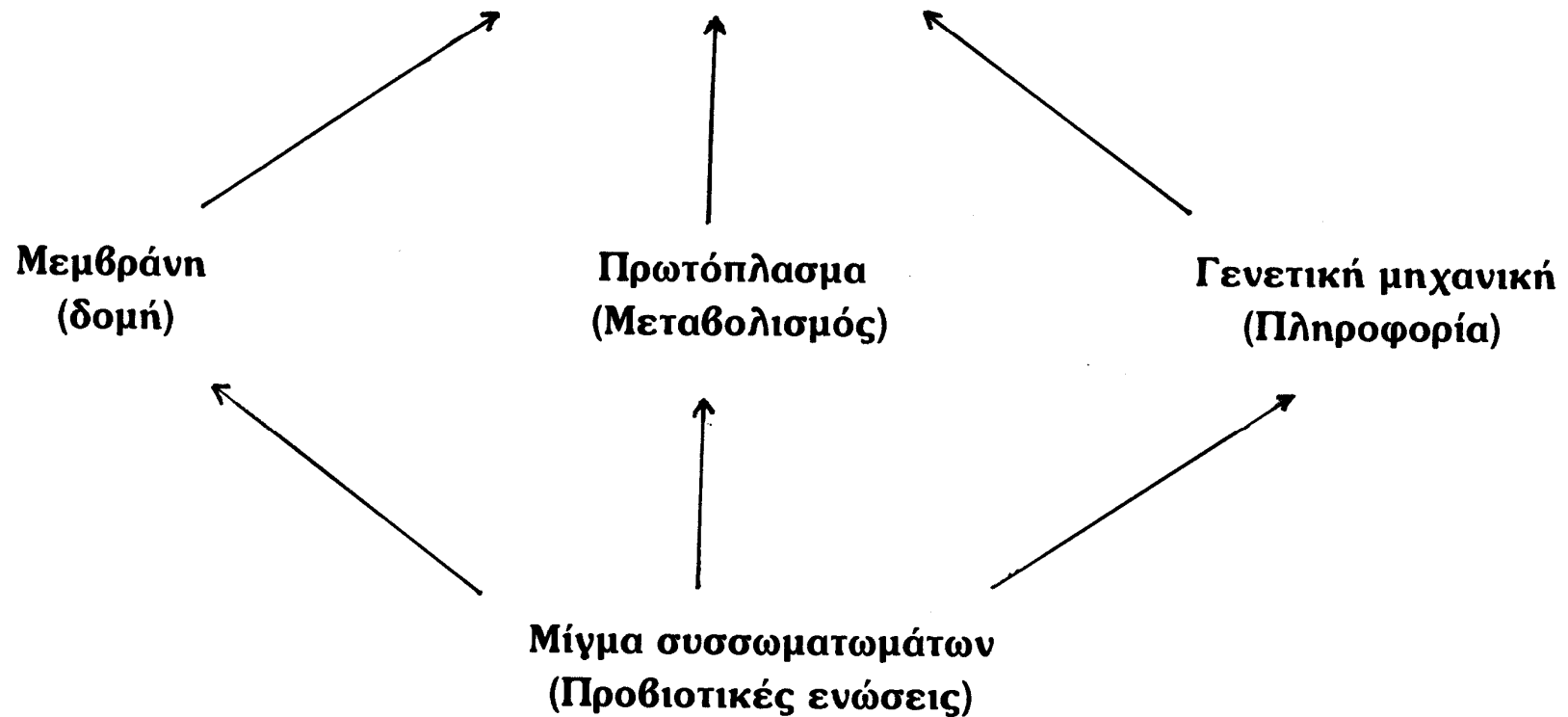




Αύξηση κυστιδίων και διαίρεση

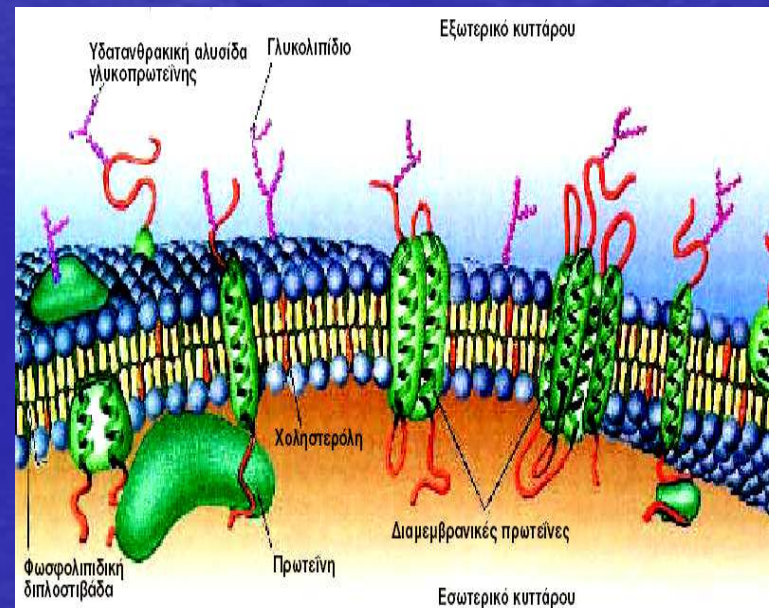
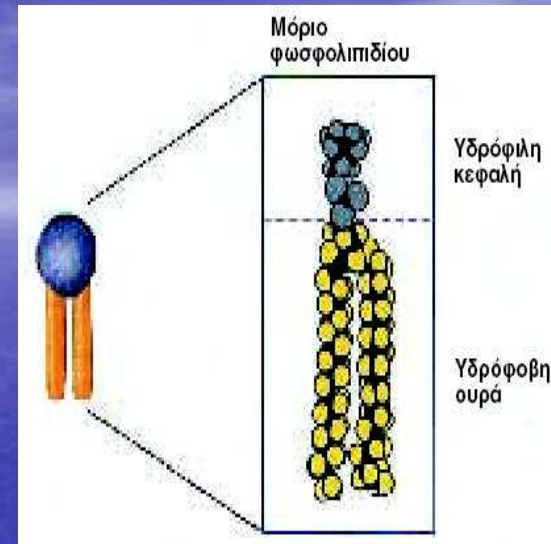
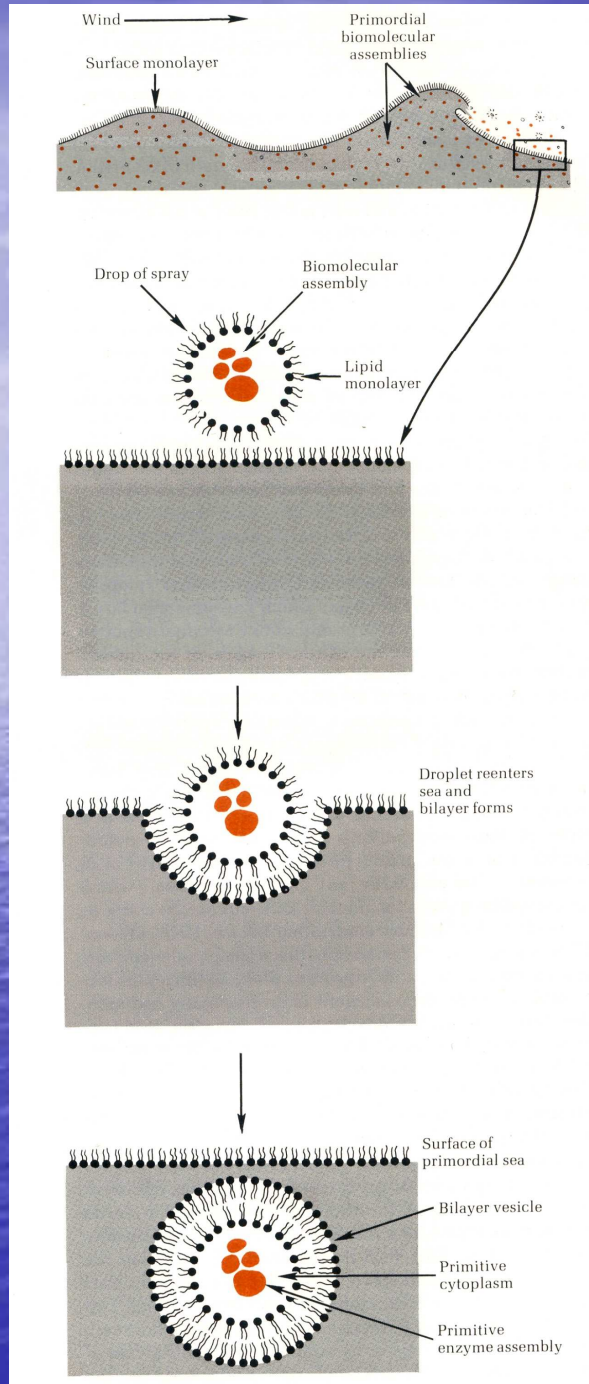


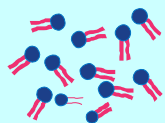
ΠΡΩΤΟΚΥΤΤΑΡΟ



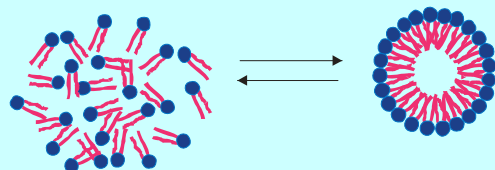
Εξέλιξη του πρωταρχικού κυττάρου

Θεωρία της προβιοτικής 'σούπας'

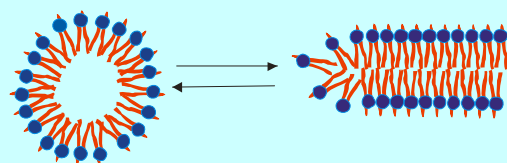




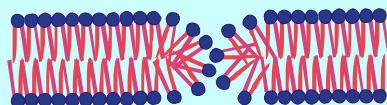
Λιπίδια (αμφίφιλα μόρια) με μήκος ανθρακικής αλυσίδας 2-4 ατόμων άνθρακα παραμένουν ως διαλυτά μονομερή σε υδατικό διάλυμα



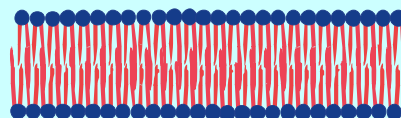
με μήκος αλυσίδας 6-8 ατόμων άνθρακα υπάρχει ισορροπία μεταξύ μικυλίων και μονομερών



με μήκος 10 ατόμων άνθρακα σχηματίζουν μικύλλια και μη σταθερές μεμβράνες



με μήκος 12-14 ατόμων άνθρακα σχηματίζουν σταθερές διπλοστοιβάδες οι οποίες δημιουργούν κοινούς βραχύβιους



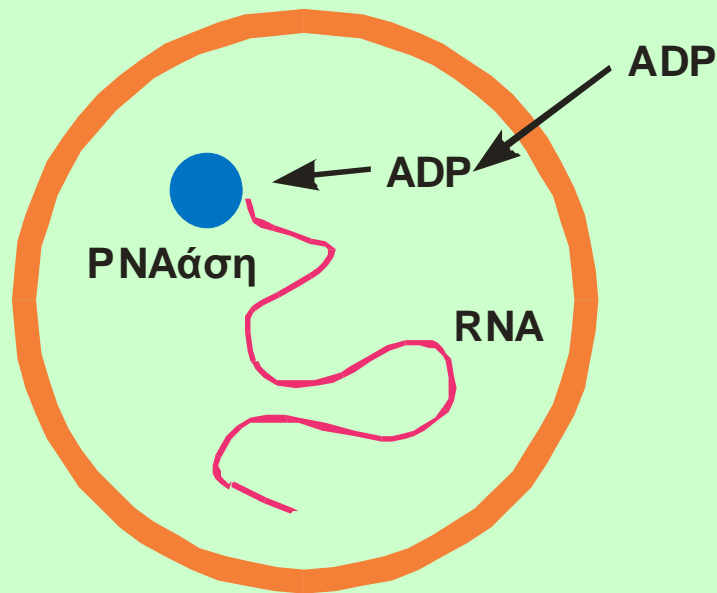
με μήκος 16-18 ατόμων άνθρακα σχηματίζουν σταθερές διπλοστοιβάδες που σπάνια έχουν παροδικούς πόρους (βιολογικές μεμβράλες λιπιδίων)

Αυτοσυγκρότηση των αμφιφιλικών μορίων

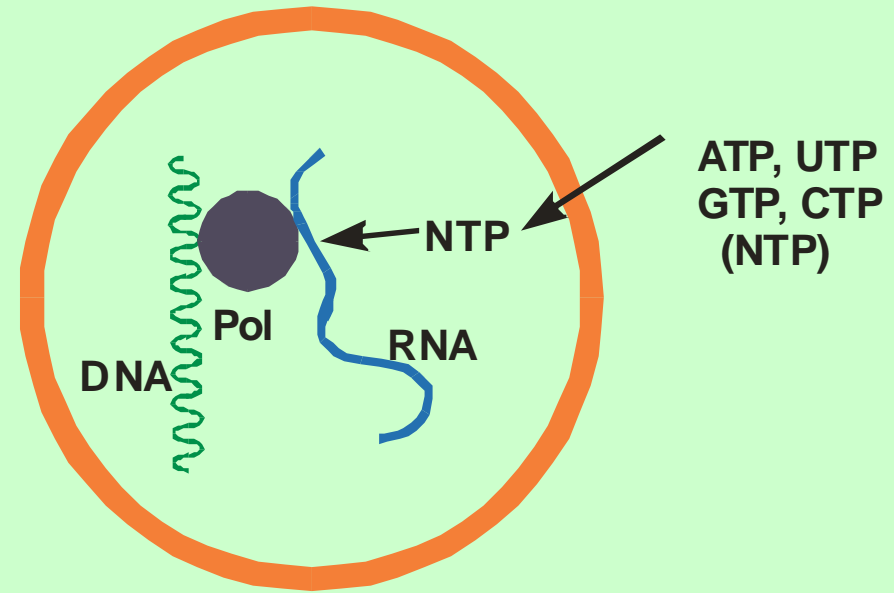
Όταν το μήκος της ανθρακικής αλυσίδας περιέχουν 2-4 άτομα, τα μόρια είναι διαλυτά στο νερό. Όταν το μήκος της ανθρακικής αλυσίδας αυξάνει σε 6-8 άτομα άνθρακα η διαλυτότητα μειώνεται και πάνω από ορισμένες συγκεντρώσεις τα μόρια αρχίζουν να σχηματίζουν μικκύλια. Λιπίδια με μήκη ανθρακικής αλυσίδας γύρω στα 10 άτομα άνθρακα αρχίζουν να σχηματίζουν και μικκύλια και δομές διπλοστοιβάδων, και οι τελευταίες κυριαρχούν στις δομές που παράγονται από λιπίδια με 12-14 άτομα άνθρακα.

Δραστικότητα RNA πολυμεράσης μέσα σε κυστίδιο

- 1. Φωσφορυλάση πολυνουκλεοτιδίου συνθέτει RNA χρησιμοποιώντας ADP ως υπόστρωμα. Το ADP μπορεί να φθάσει στο ένζυμο με παθητική διάχυση μέσω βραχύβιων ατελειών της λιπιδικής διπλοστοιβάδας.*
- 2. Η T7 RNA πολυμεράση χρησιμοποιεί ένα εκμαγείο DNA για να κατευθύνει τη σύνθεση του RNA και έχει αποδειχτεί ότι συνθέτει RNA μέσα σε λιποσώματα, όπως φαίνεται στην εικόνα.*



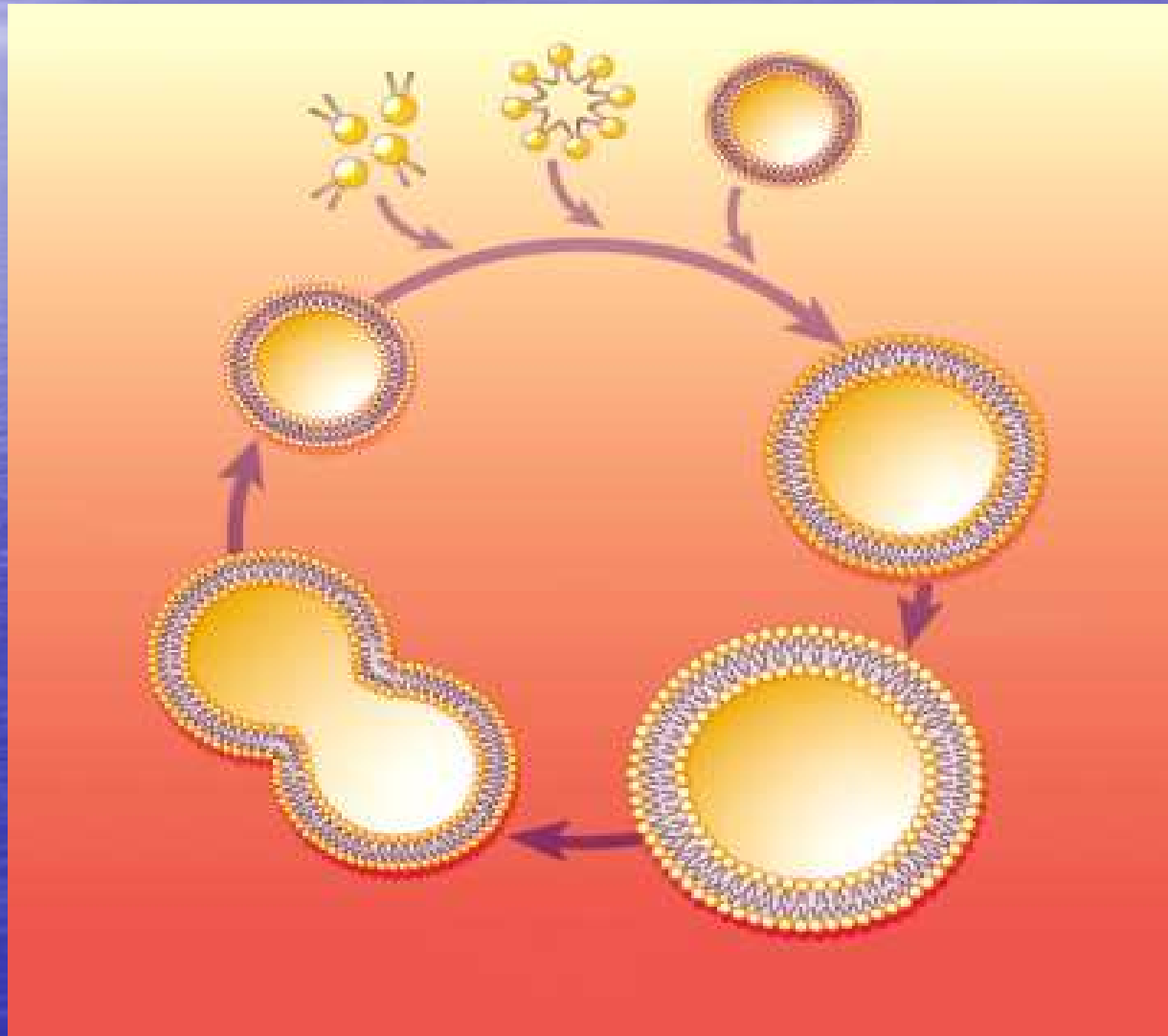
1. φωσφορυλάση πολυνουκλεοτιδίου (PNPάση) μέσα σε κυστίδιο



2. T7 RNA πολυμεράση (Pol) μέσα σε κυστίδιο

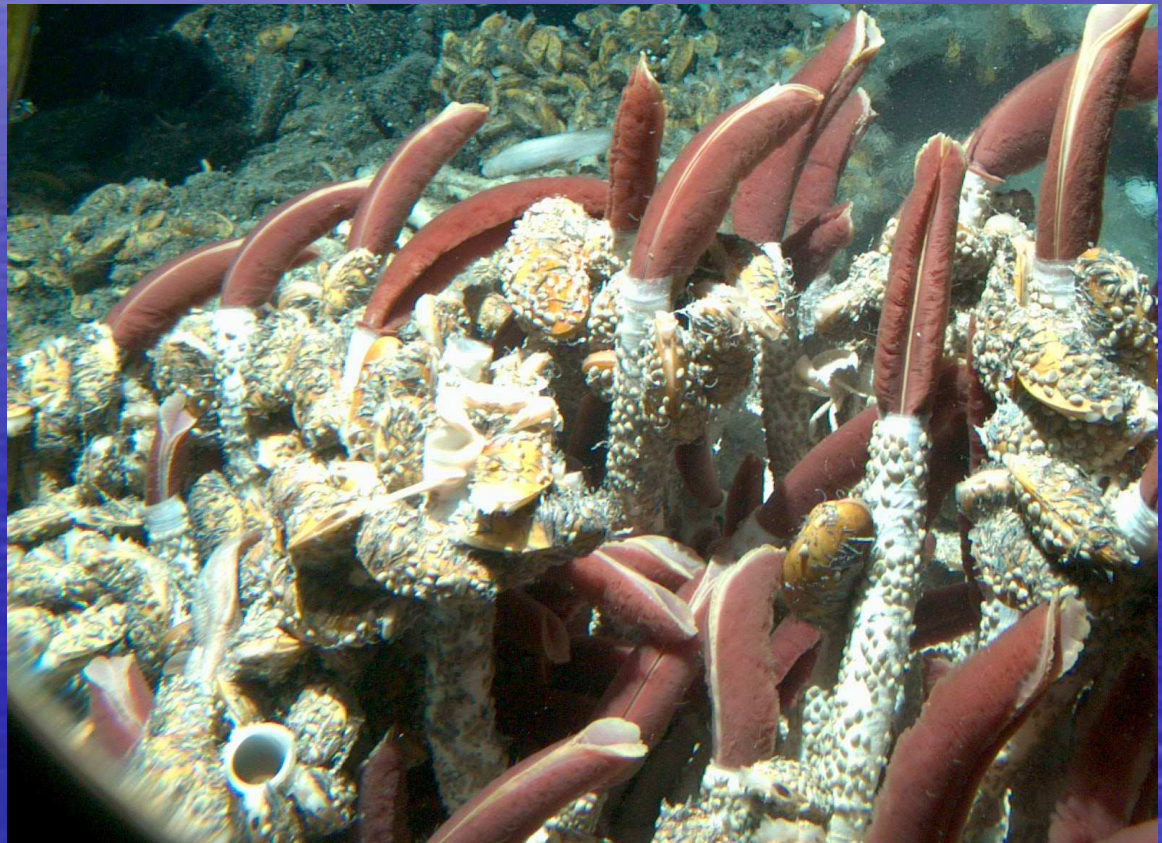
Αύξηση κυστιδίων και διαίρεση αυτών

Η μεμβράνη των κυστιδίων μπορεί να μεγαλώσει είτε βαθμιαία είτε με διακριτά βήματα, και μπορεί να διαιρεθεί είτε αυθόρμητα είτε κάτω από την επίδραση εξωτερικών περιβαλλοντικών δυνάμεων

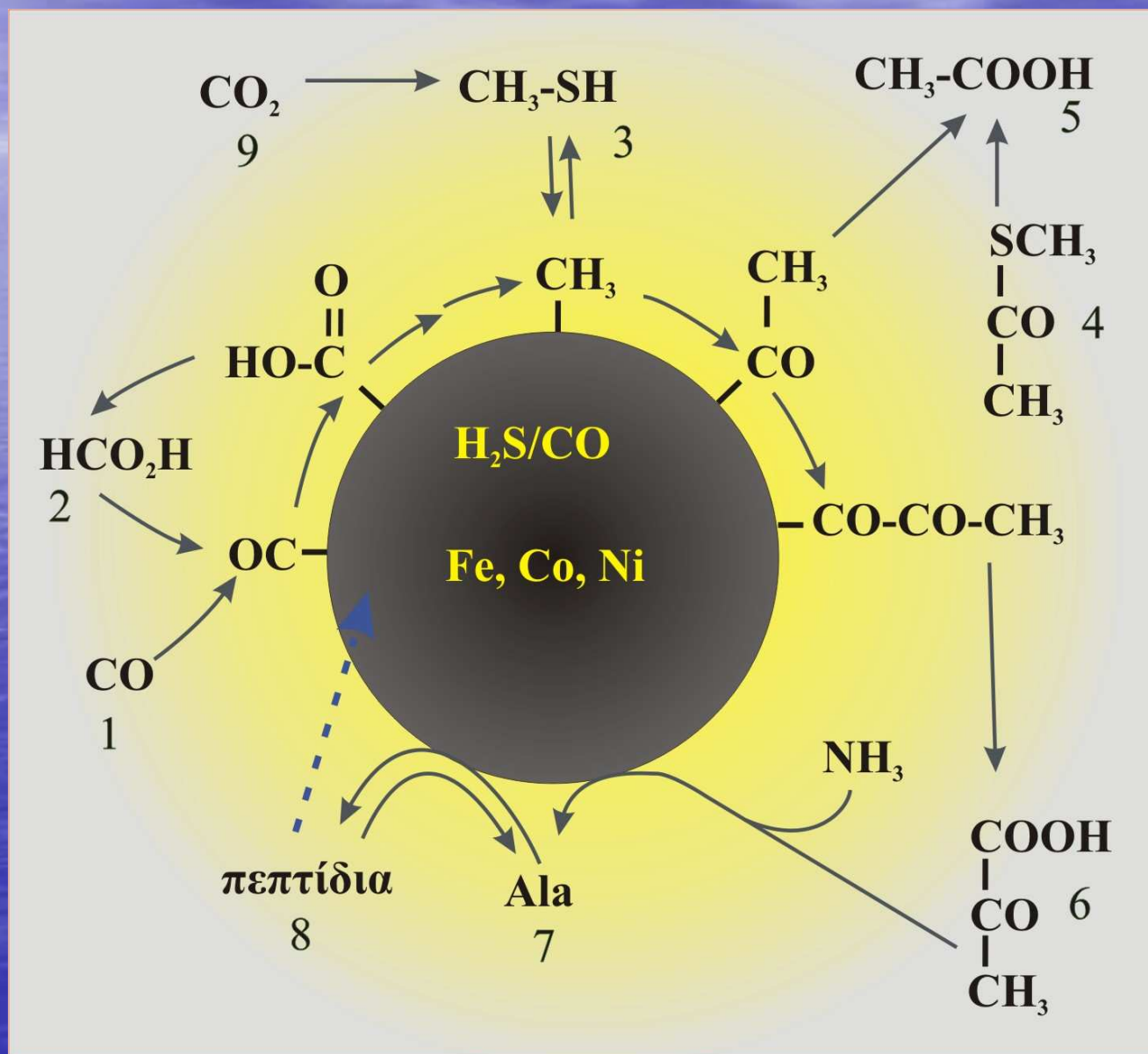


Α. Πωγωνοφόρα (*Riftia pachyptila*)

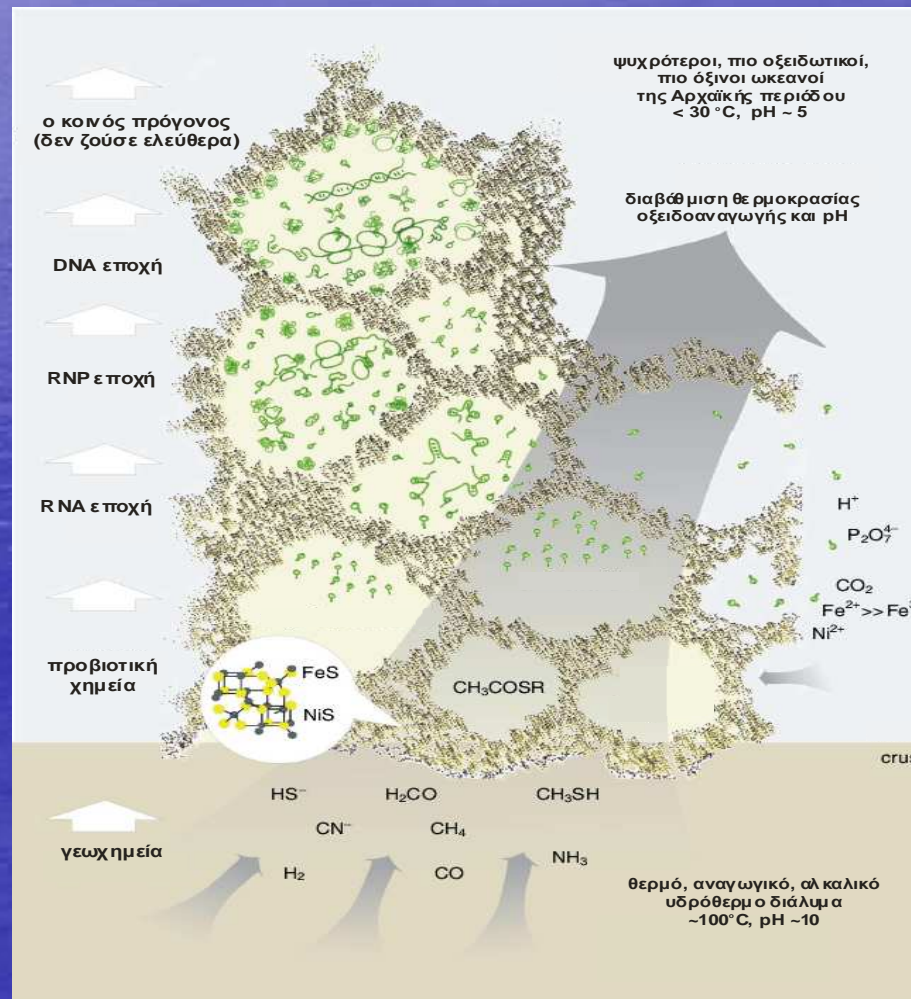
Α. Πωγωνοφόρα (*Riftia pachyptila*) Β. Πωγωνοφόρα και δίθυρα
Β. Πωγωνοφόρα και δίθυρα



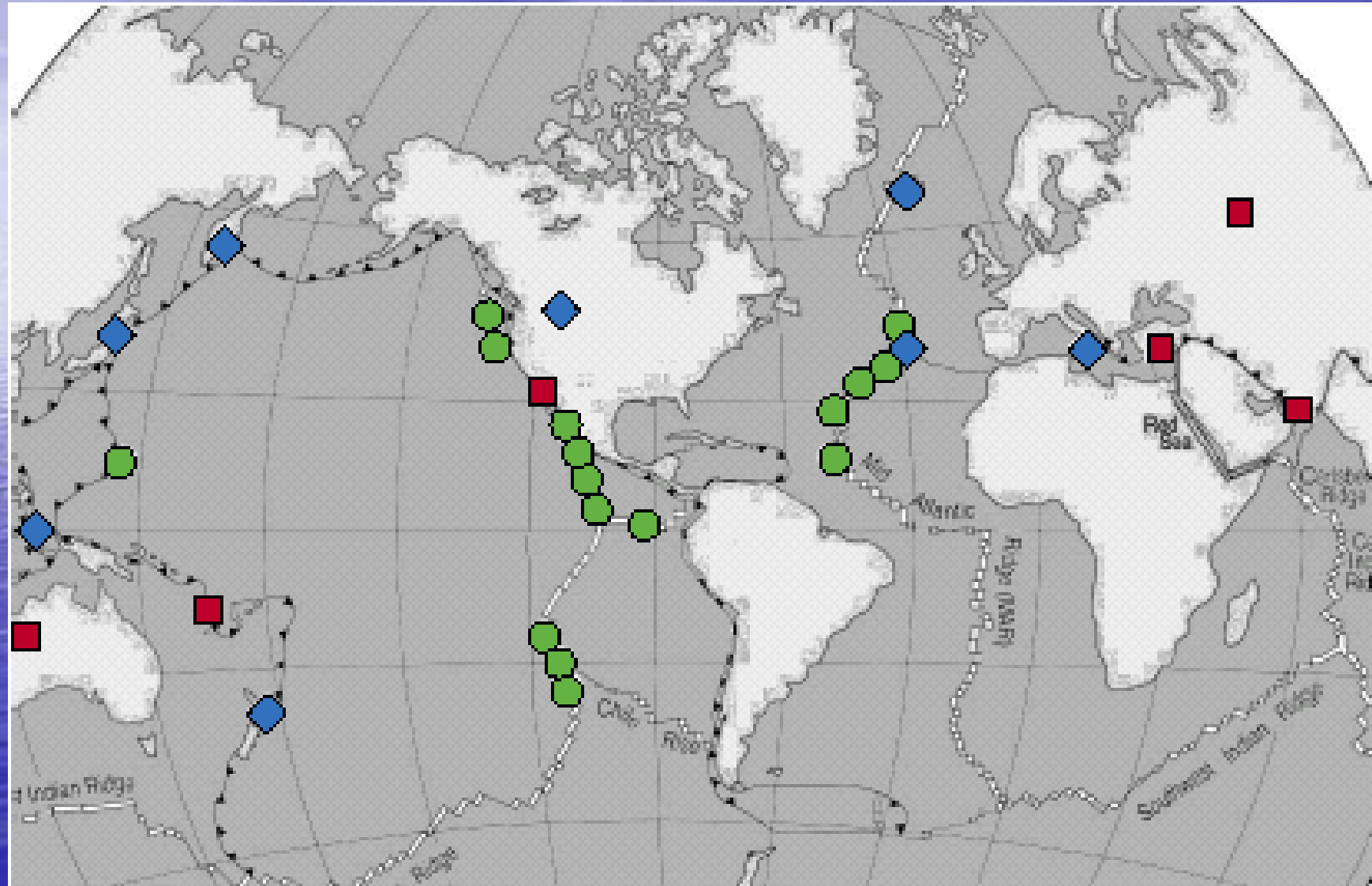
Αντιδράσεις στον κόσμο σιδήρου-θείου



Μοντέλο προέλευσης της ζωής σε μια βαθμίδωση οξειδοαναγωγής, pH και θερμοκρασίας σε ένα υδρόθερμο υποθαλάσσιο σύστημα. Χρησιμοποιούνται οι όροι RNA, RNP και DNA εποχή (αντί για κόσμος) για να υπογραμμιστεί ότι δεν μπορούσε να υπάρξει εξέλιξη των νουκλεϊνικών οξέων χωρίς τη στήριξη της γεωχημείας, αργότερα της βιογεωχημείας και τελικά της βιοχημείας με την παροχή μιας σταθερής ροής επαρκών συγκεντρώσεων πρόδρομων πολυμερών (π.χ. νουκλεοτιδίων) και έτσι να υποστηρίζεται οποιαδήποτε είδους αντιγραφής

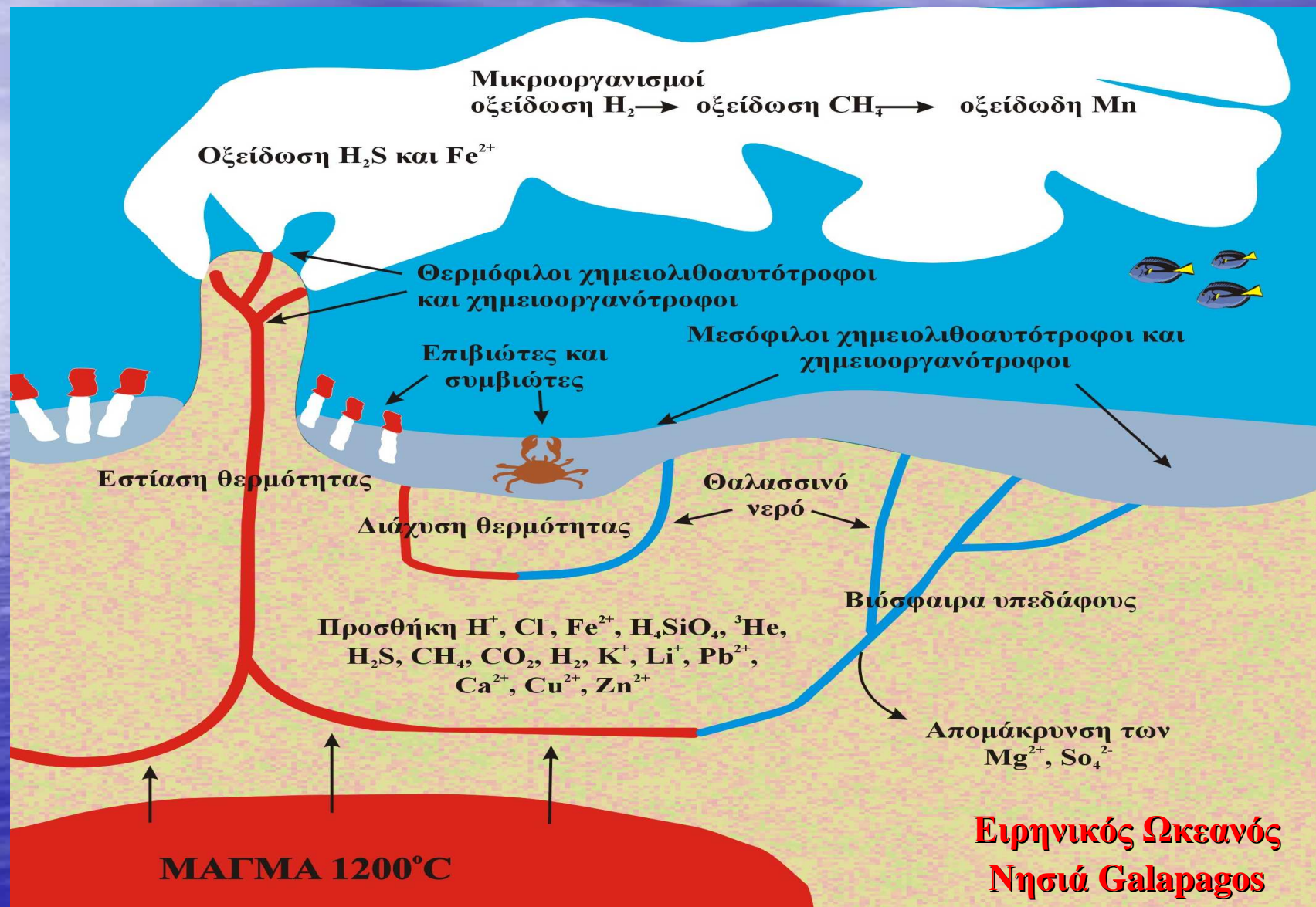


Παγκόσμιος χάρτης που παρουσιάζει μερικές υδρόθερμες περιοχές βαθιά στη θάλασσα, (κύκλοι), υδροθερμικές περιοχές στη στεριά (ρόμβοι) και αρχαία ηφαιστειακά ογκώδη κοιτάσματα σουλφιδίων (τετράγωνα)

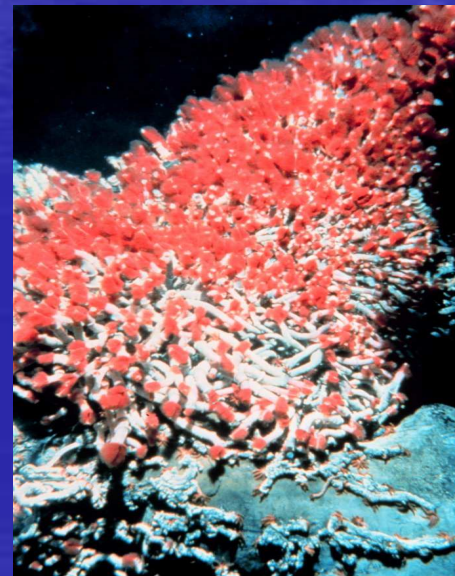


Δημιουργία ζωής σε υποθαλάσσιες ρωγμές

Corlins and Ballard (1977)



Υδροθερμες υπόγειες καμινάδες



Η εξέλιξη της ζωής



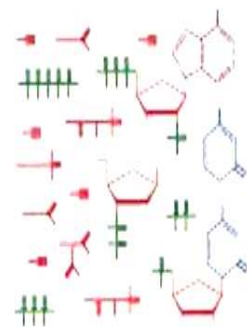
Σχηματισμός
της Γης

4,5



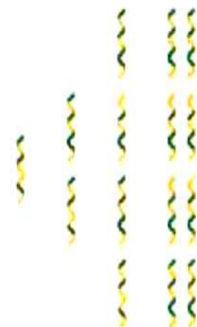
Σταθερή
υδρόσφαιρα

4,2



Προβιοτική
χιμεία

4,2-4,0



Προ-RNA
κόσμος

~4,0



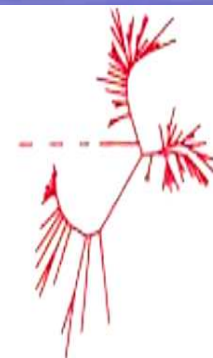
RNA
κόσμος

~3,8



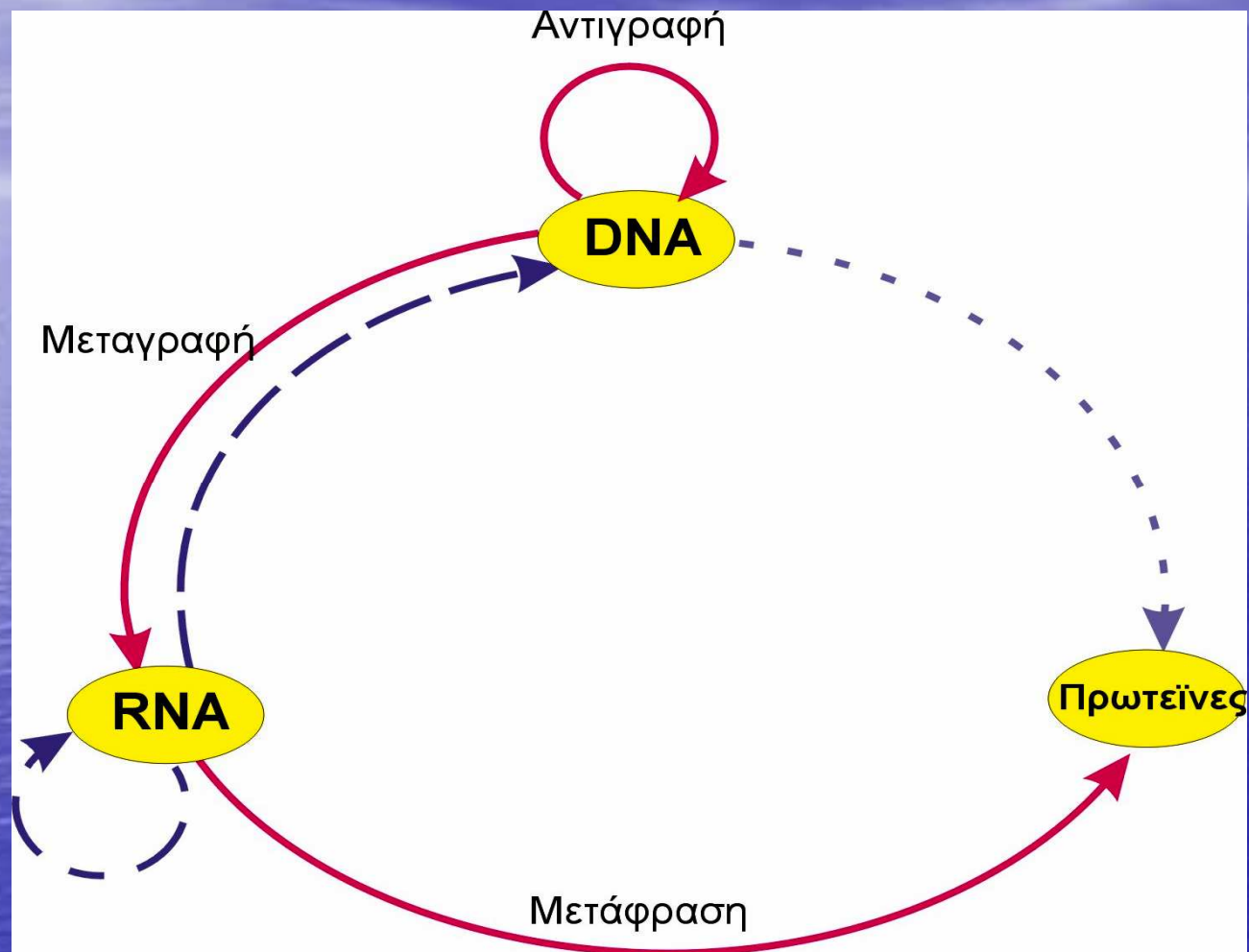
Πρώτη ζωή
DNA/πρωτεϊνών

~3,6



Διαφοροποίηση
της ζωής

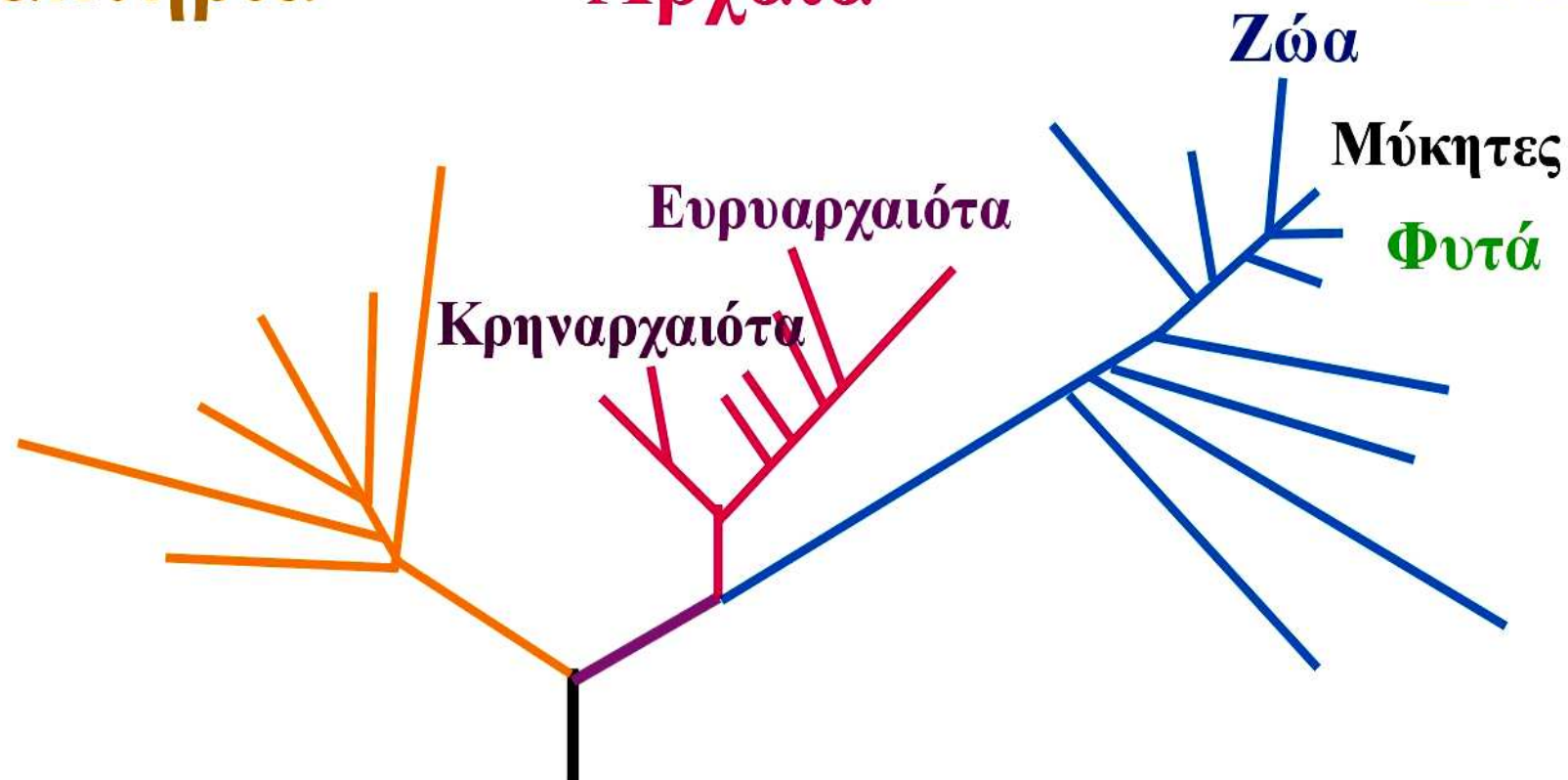
3,6-σήμερα



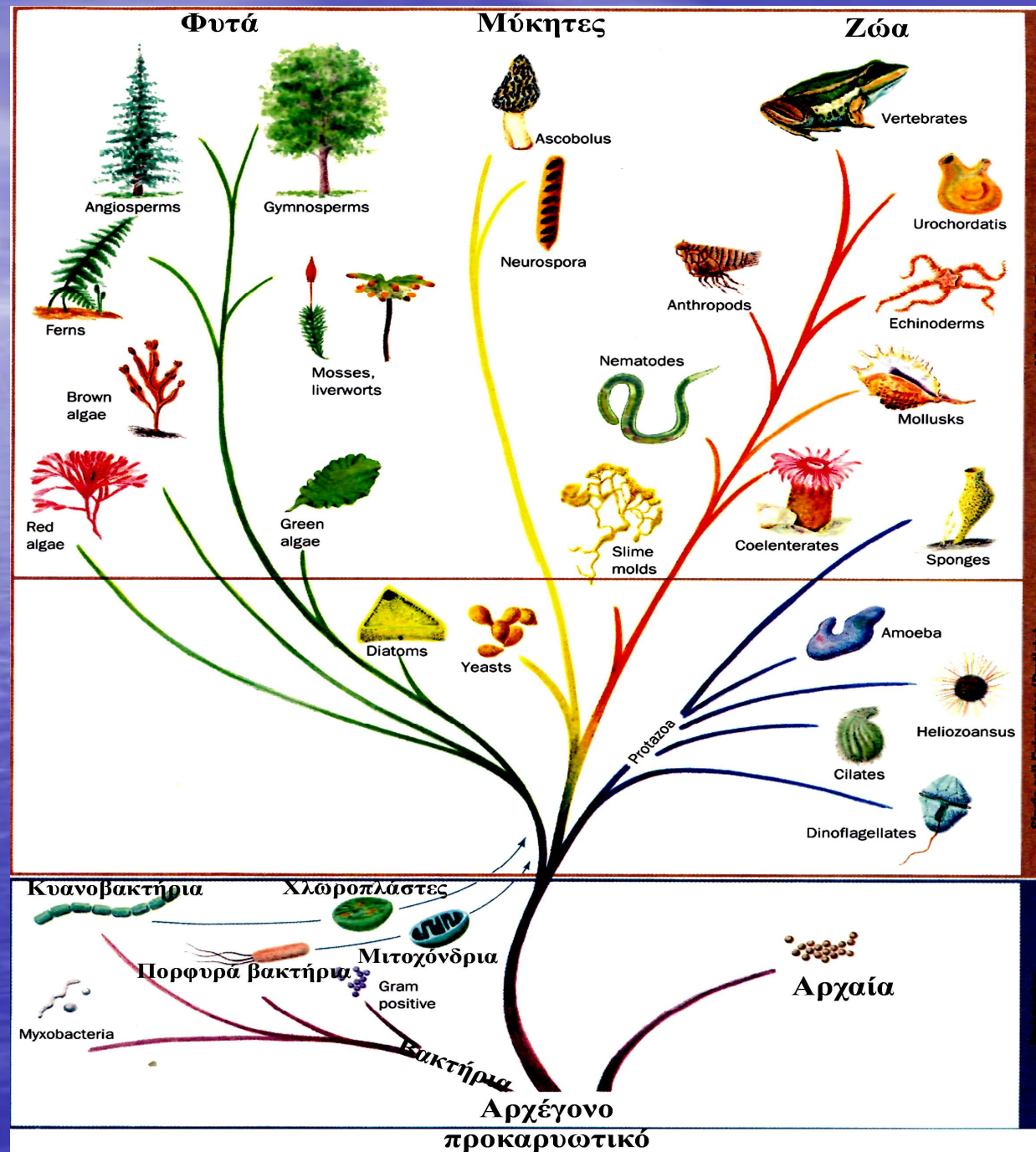
Βακτήρια

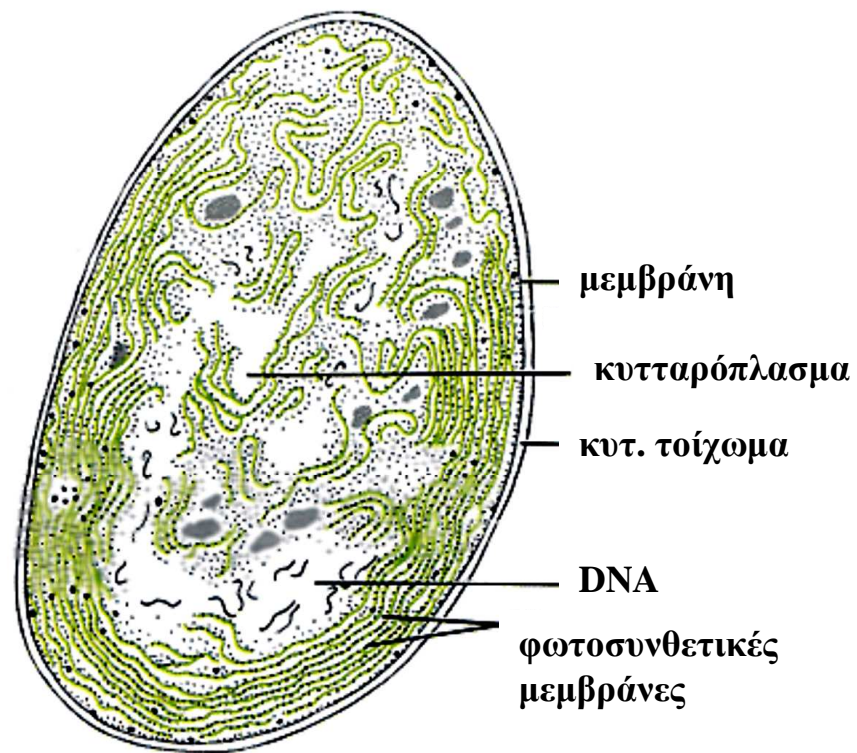
Αρχαία

Ευκάρυα

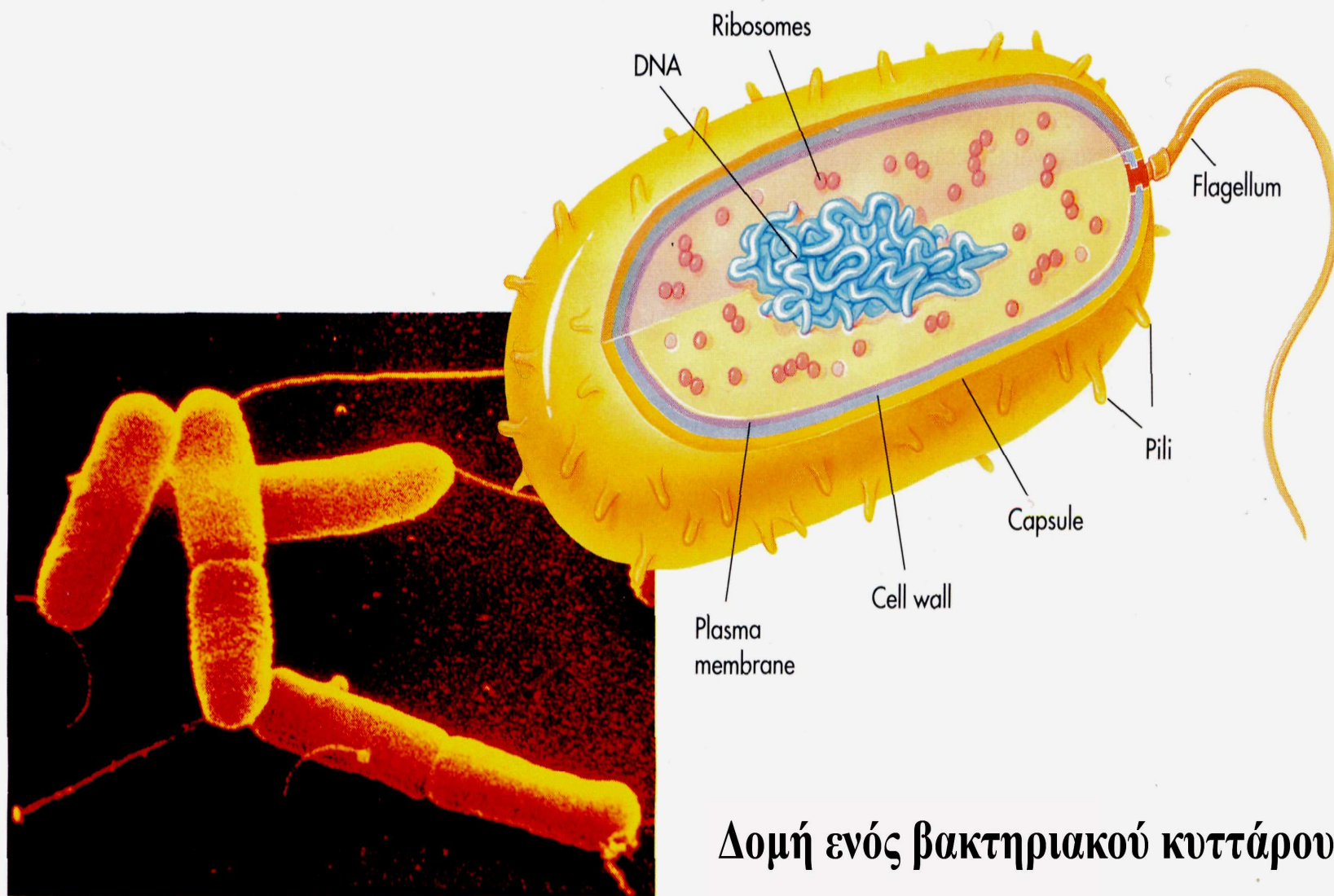


Φυλογενετικό δένδρο κατά Woese (1990)



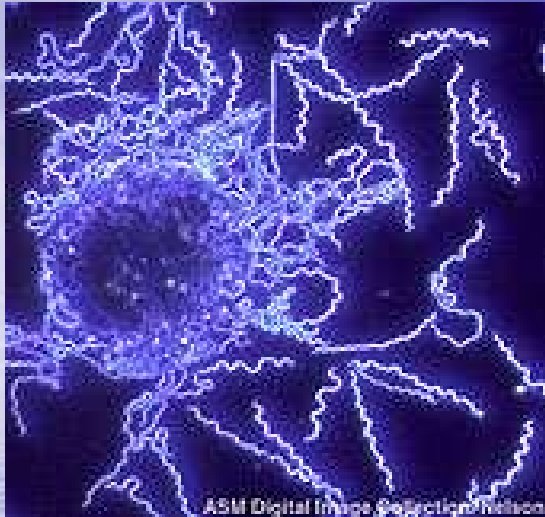


**Κυανοβακτήριο - μια από τις απλούστερες
μορφές ζωής**



Δομή ενός βακτηριακού κυττάρου

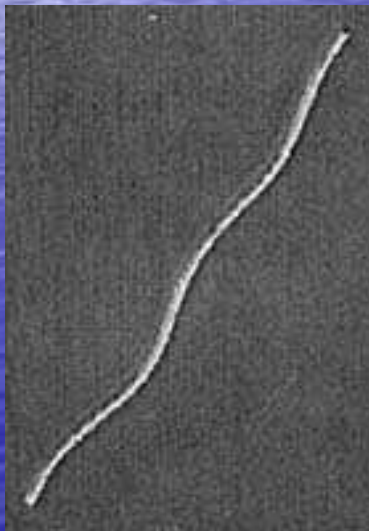
Αρχαία



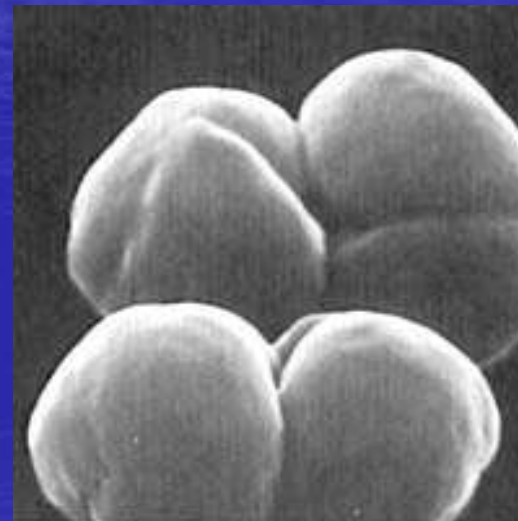
*Methanococcus
jannischii*



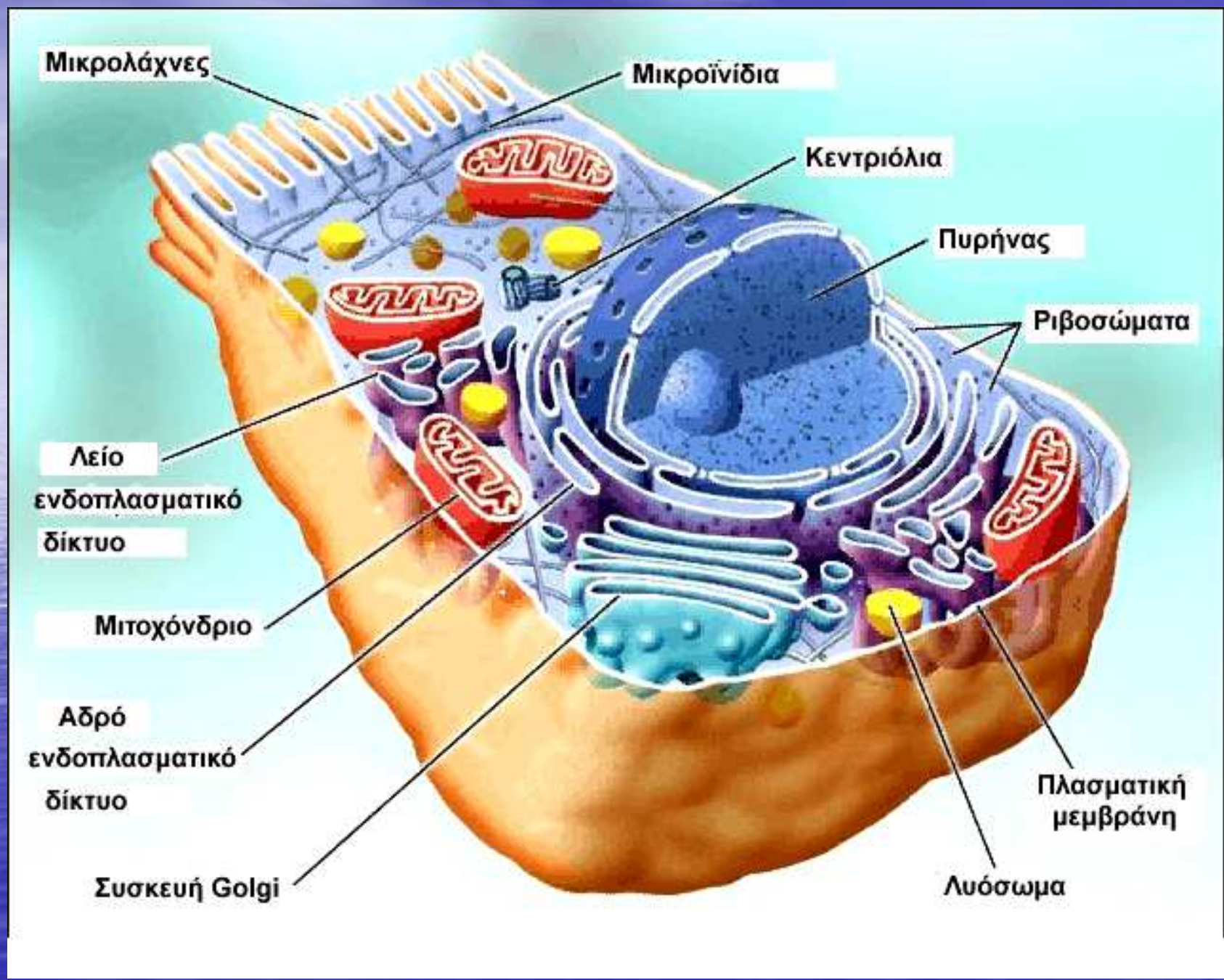
*Methanopyrus
kandleri*



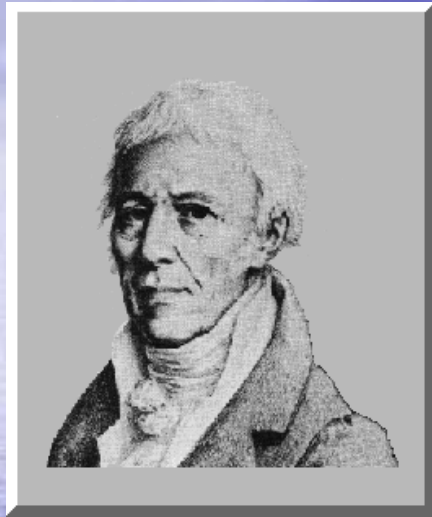
*Methanobacterium
thermoautotrophicum*



*Methanosarcina
barkeri*



Από τη Θεωρία της Δημιουργίας στην Εξέλιξη



Jean-Baptiste **Lamarck**
(1744-1829)

Εξέλιξη:

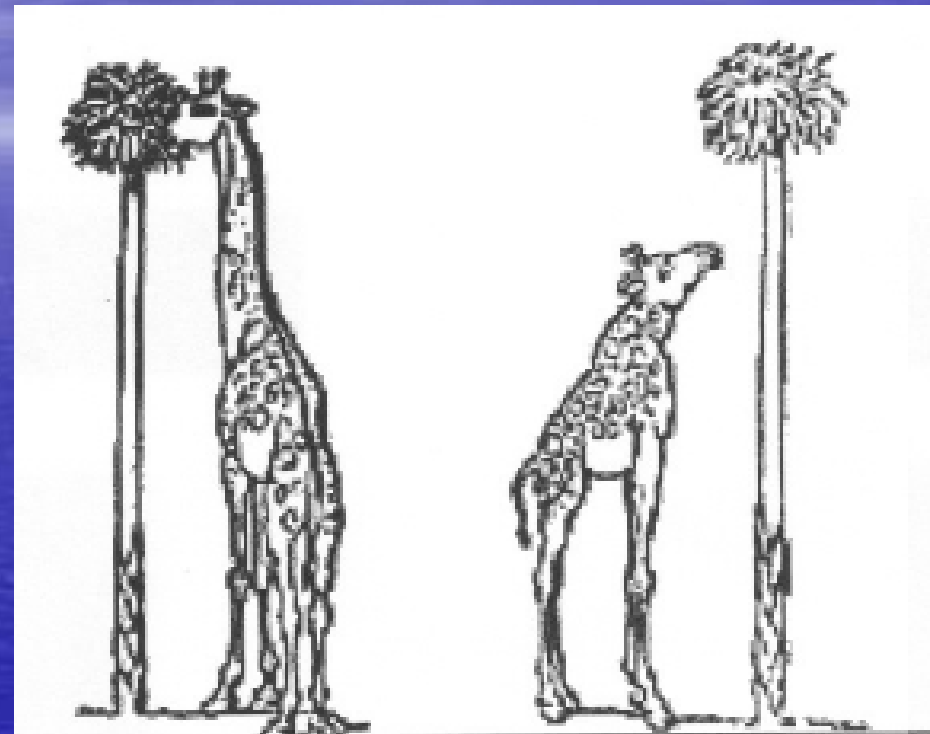
Οι οργανισμοί δεν ήταν αμετάβλητα προϊόντα μιας καταπληκτικής δράσης της δημιουργίας, αλλά αναπτύχθηκαν σε διαφορετικές κατευθύνσεις ως προϊόντα πολλών μεταλλάξεων που συνέβησαν λόγω προσαρμογής στο περιβάλλον (1801)

Λαμαρκισμός: Εξηγεί τη βιολογική εξέλιξη ως

1. νομοτελειακά-κατευθυνόμενη
2. τελολογικά ως αυτο-προσαρμοζόμενους τους οργανισμούς στο περιβάλλον τους
3. με τη δυνατότητα να μεταβιβάζουν τα απαραίτητα χαρακτηριστικά



Lamarck



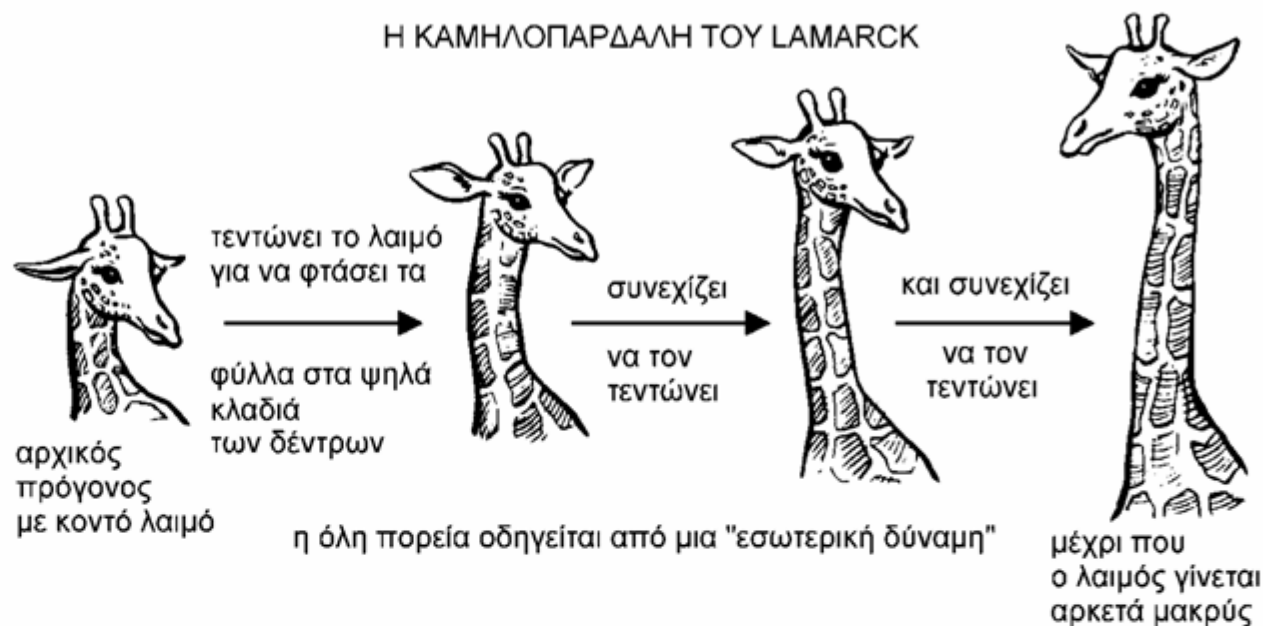
... Mais alors, papa, pourquoi les girafes ont-elles le cou si long ?
... Eh bien ! C'est pour pouvoir manger les palmiers, mon enfant, car ...

... si les girafes avaient le cou court, elles seraient encore bien plus embarrassées.

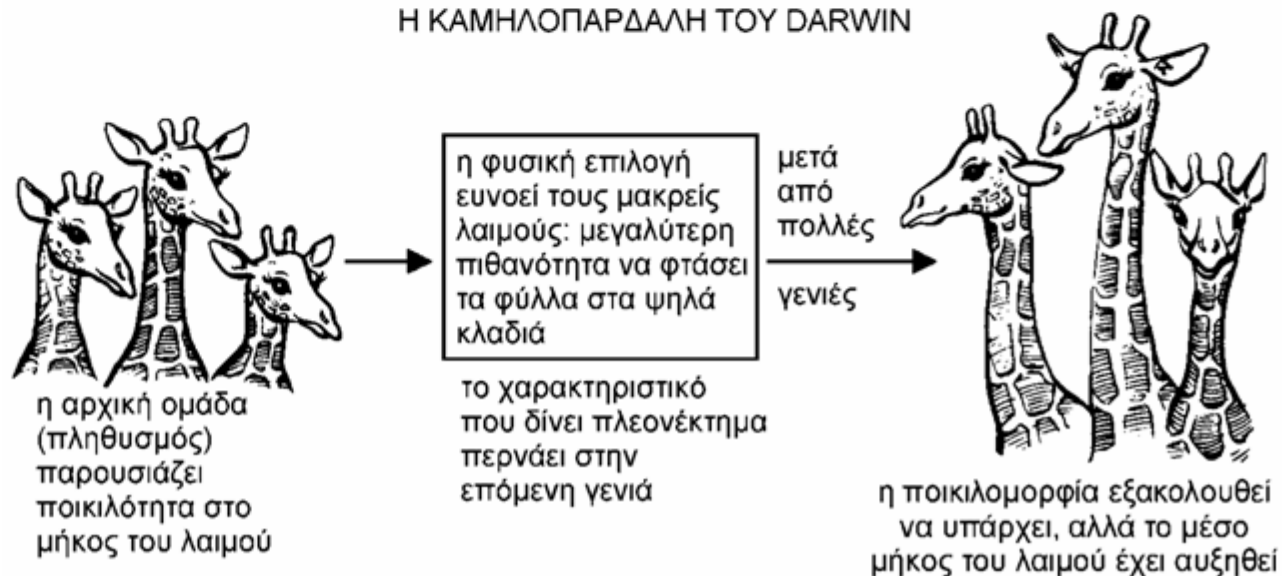
Lamarck vs. Darwin



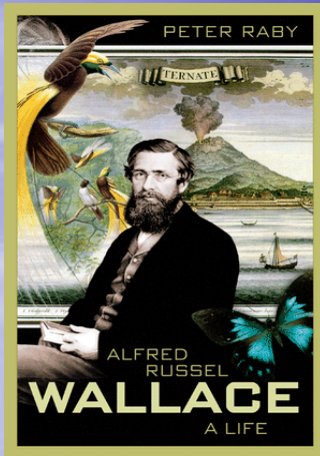
Η ΚΑΜΗΛΟΠΑΡΔΑΛΗ ΤΟΥ LAMARCK



Η ΚΑΜΗΛΟΠΑΡΔΑΛΗ ΤΟΥ DARWIN



50 χρόνια αργότερα



Alfred Russel Wallace
(1823-1913)



Charles Darwin
(1809 -1882)

Κινητήρια δύναμη είναι η διατήρηση
του καταλληλότερου από το φάσμα
της ποικιλομορφίας του οργανισμού σε
δεδομένο περιβάλλον
(Linnean Society 1858)

«Η εξέλιξη μέσω της φυσικής επιλογής»

Βιβλίο, 1859

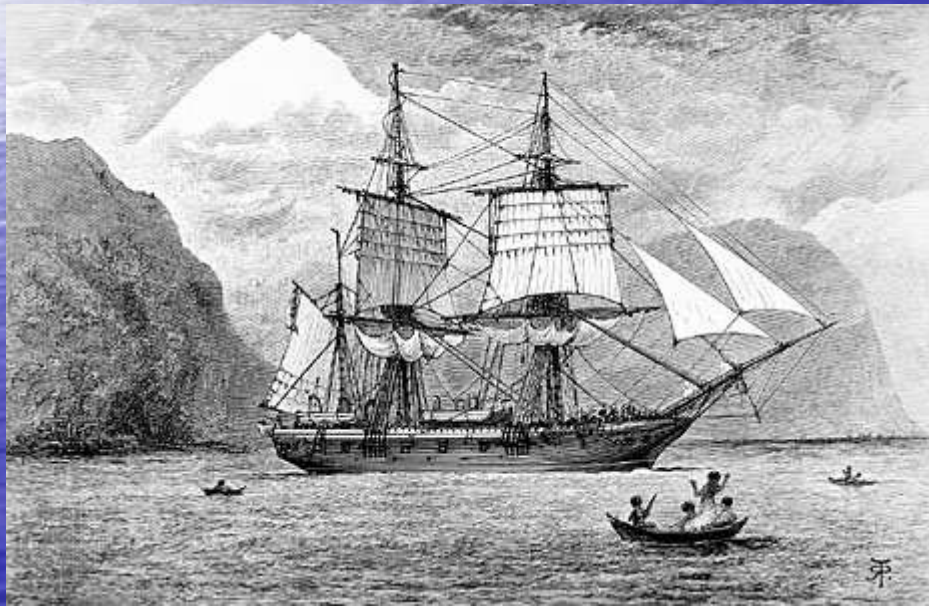
Η προέλευση των ειδών είναι
αποτέλεσμα «φυσικής επιλογής» - μόνο
τα είδη που προσαρμόζονται μπορούν
να επιβιώσουν και να εξελιχθούν
(Linnean Society 1858)

Το ταξίδι με το πλοίο Beagle

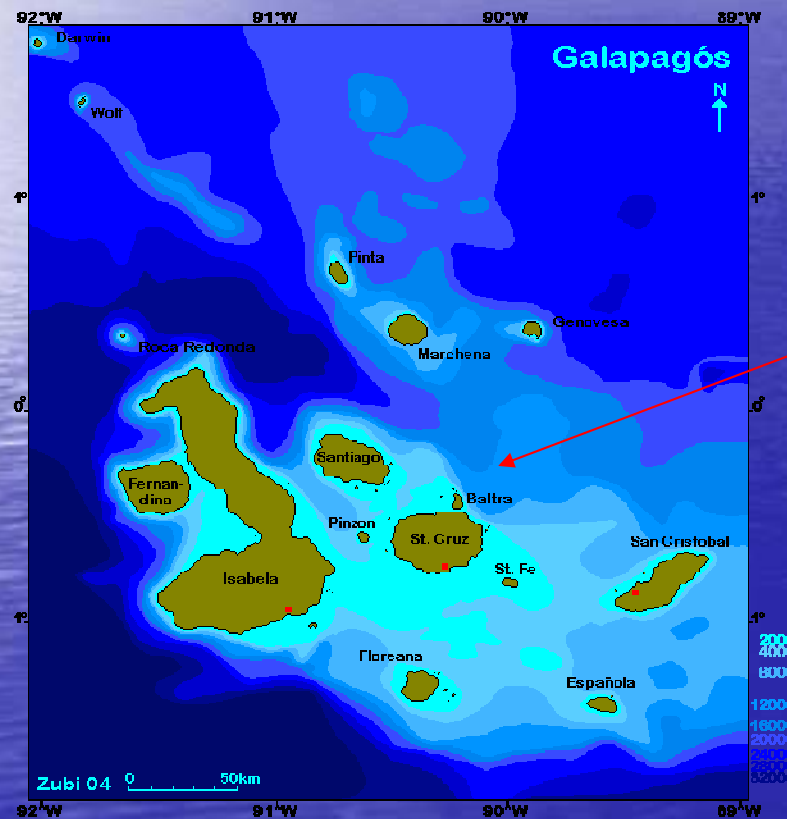


Ταξιδεύοντας 5 χρόνια με το Beagle

- 27/12/1831 – 02/10/1836



Τα νησιά Galapagos





Συνθετική Θεωρία ή Νεοδαρβινισμός



Theodosius Dobzhansky
(1900 – 1975)

Εξέλιξη: Δημιουργική διεργασία

1. Οι **μεταλλάξεις** διαδραματίζουν κυρίαρχο ρόλο στη δημιουργία της γενετικής ποικιλομορφίας, αλλά η διατήρησή τους στον πληθυσμό κατευθύνεται και εξαρτάται αποκλειστικά από τη φυσική επιλογή
2. Τα **νέα είδη** των οργανισμών εμφανίζονται μέσω της αναπαραγωγικής απομόνωσης τμημάτων του αρχικού πληθυσμού σε συνάρτηση με τη σταδιακή συσσώρευση νέων μεταλλάξεων

Θεωρία της Ουδέτερης εξέλιξης

(Motoo Kimura, 1968)

Οι Μεταλλάξεις που δημιουργήσαν τα τόσα πολλά αλληλόμορφα γονίδια είναι επιλεκτικά **ουδέτερες και η παρουσία τους εξαρτάται από την τύχη (τυχαία σταθεροποίηση)**

Ηλιακή
ενέργεια



Water vapor



Sea

Rain

Heat
loss



River flowing
under steady state
conditions (gravity)

Φωτοσύνθεση

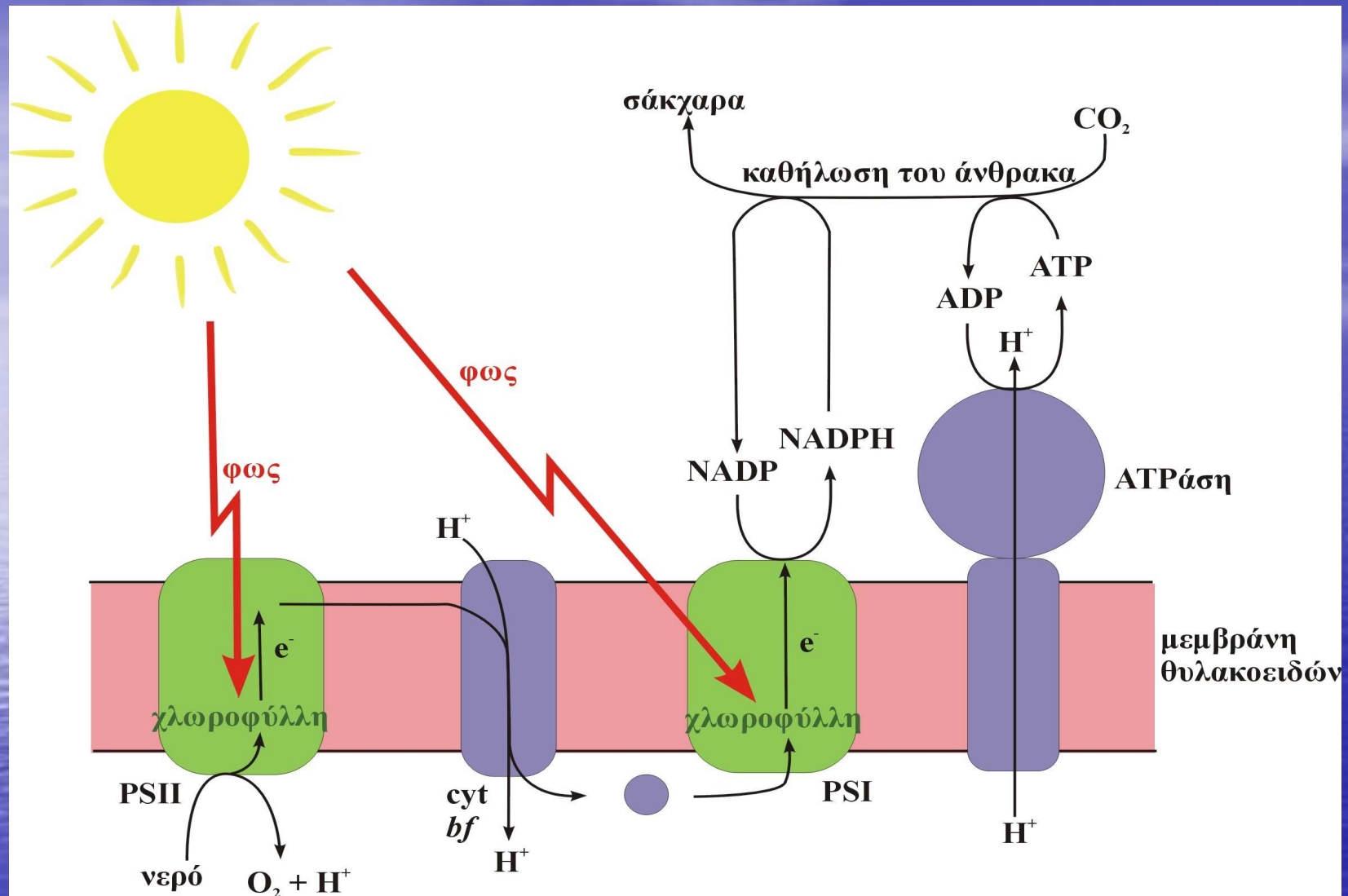
$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Heat
loss

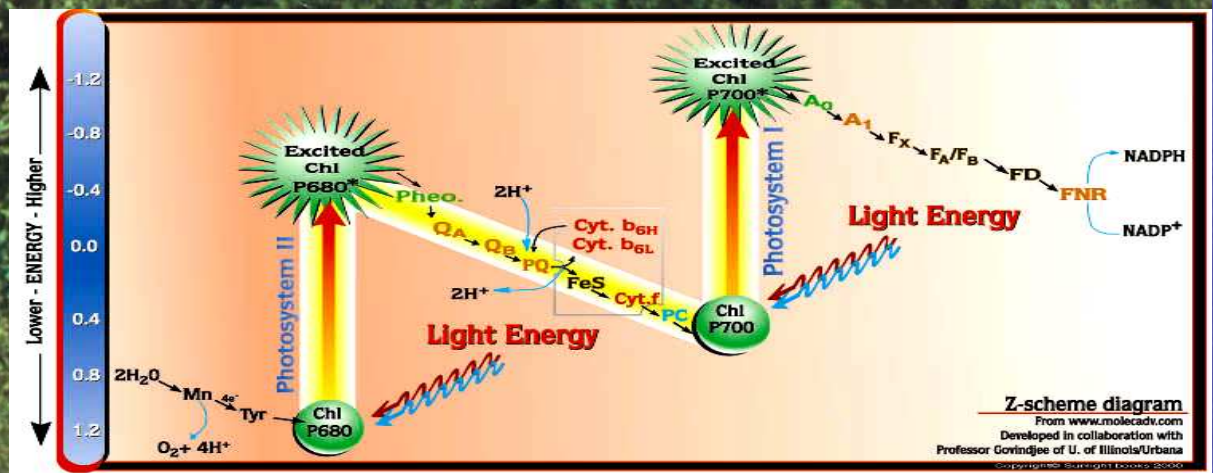


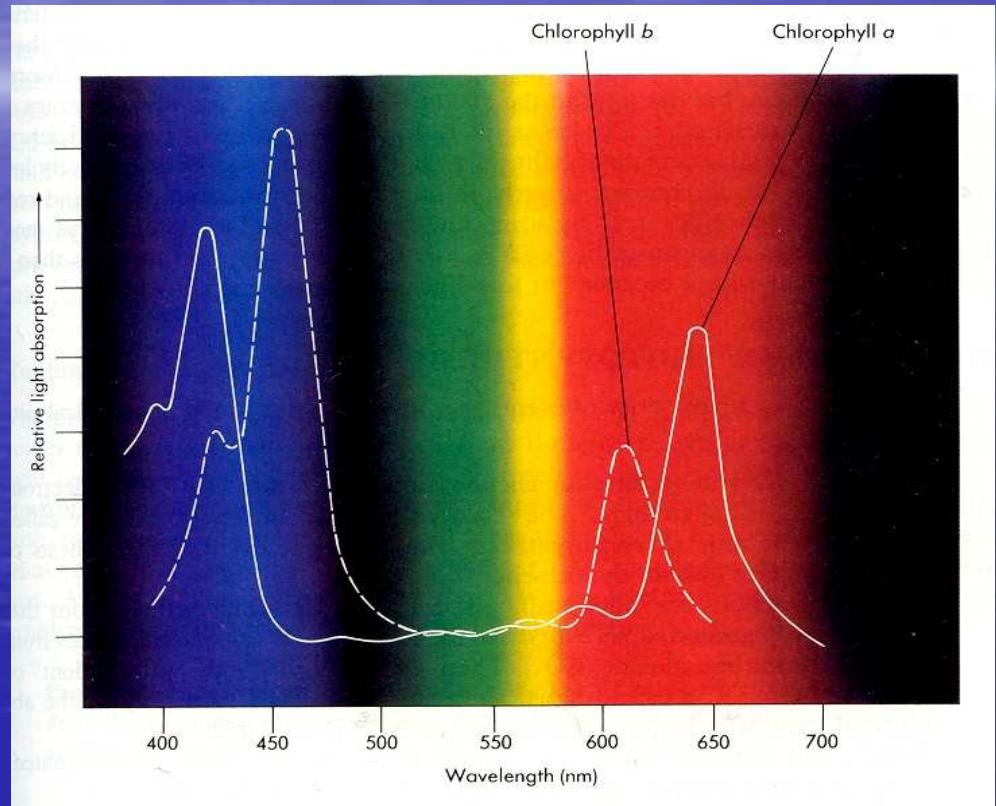
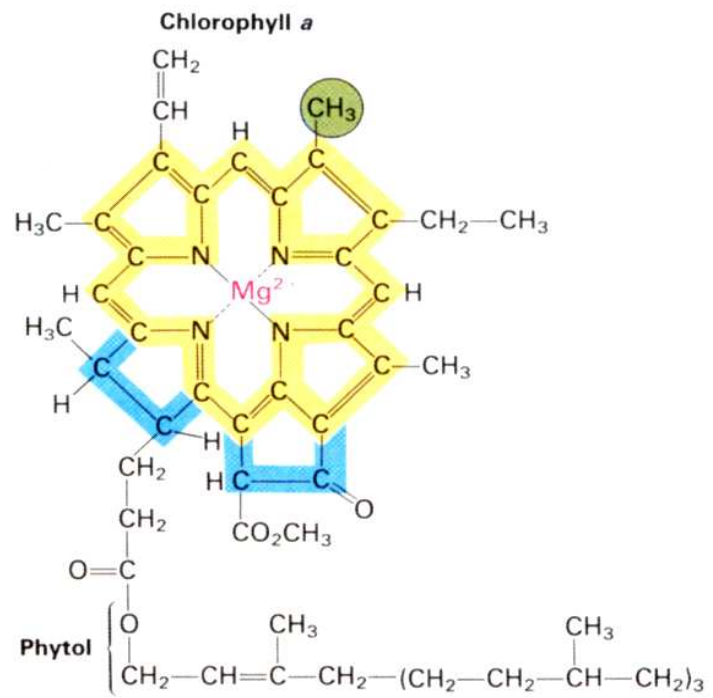
Breakdown of carbohydrate
under steady state
conditions





Σχηματική αναπαράσταση των φωτοσυνθετικών διαδικασιών όπως εμφανίζονται στα φυτά, τα φύκη και τα κυανοβακτήρια





Απολιθώματα



Ψάρι από τα βράχια του Colorado
(προϊστορικής εποχής)



Κουνούπι σε κεχριμπάρι
(προϊστορικής εποχής)



Ψάρι 50 εκ. χρόνων
(Eocene Green River, USA)



Αμμωνίτης από τη Χιλή



Human



Cat



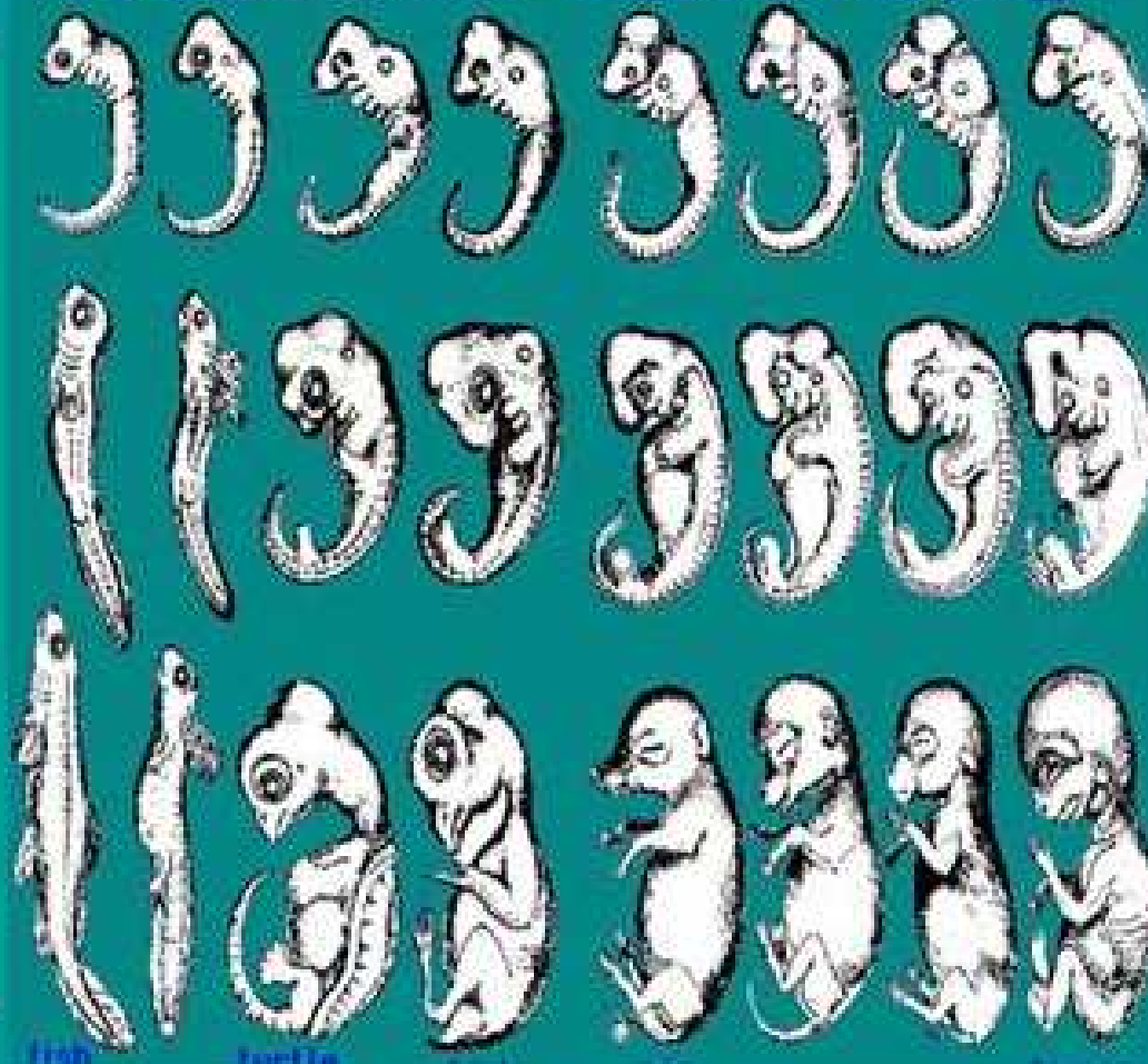
Whale



Bat

Variation on a Theme—Comparative Embryology

Increasing development
↓



Fish

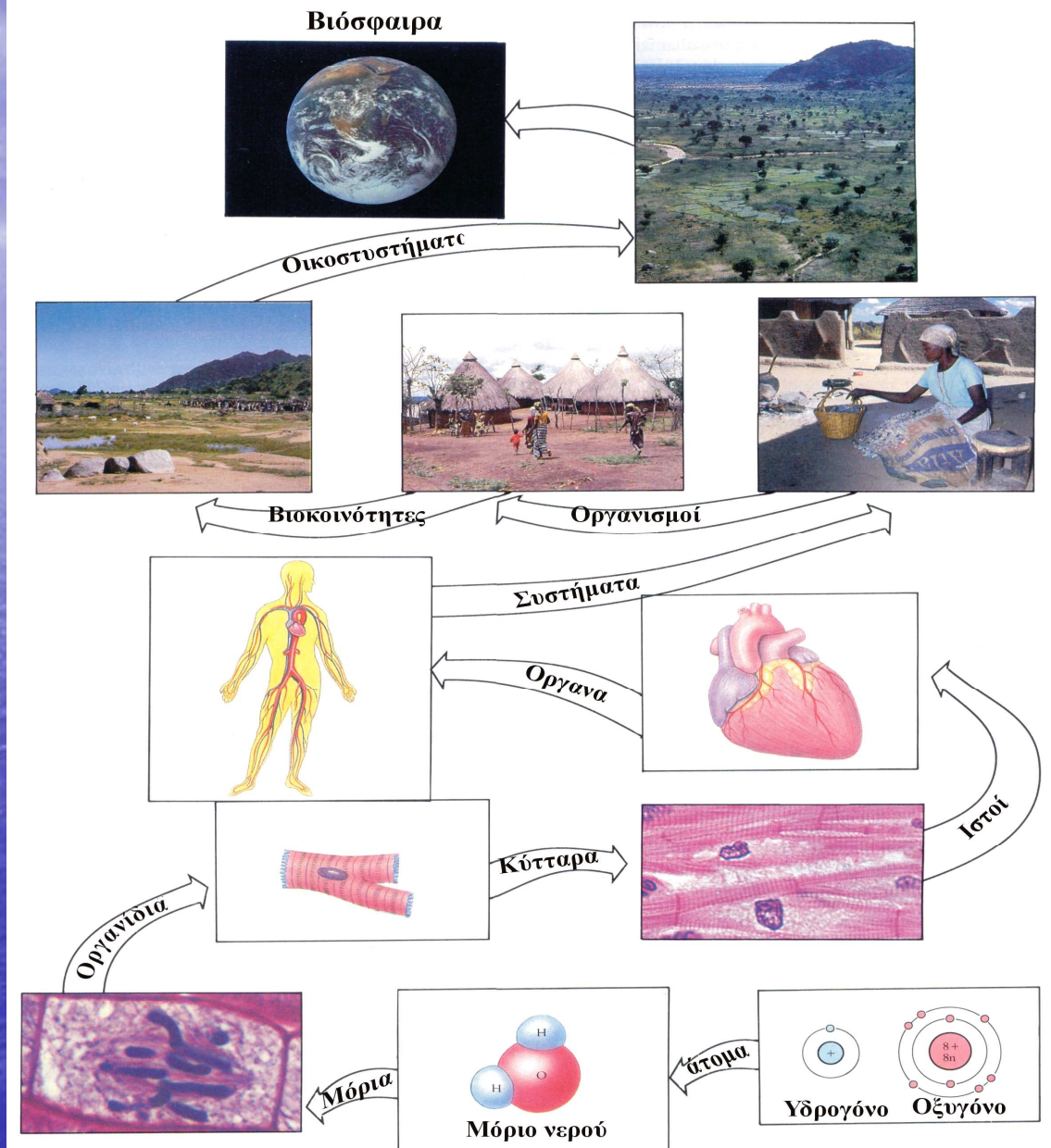
Turtle

Chick

Pig

Human

Επίπεδα βιολογικής οργάνωσης



Breakthrough of the Year

Equipped with genome data and field observations of organisms from microbes to mammals, biologists made huge strides toward understanding the mechanisms by which living creatures evolve

Evolution

in Action

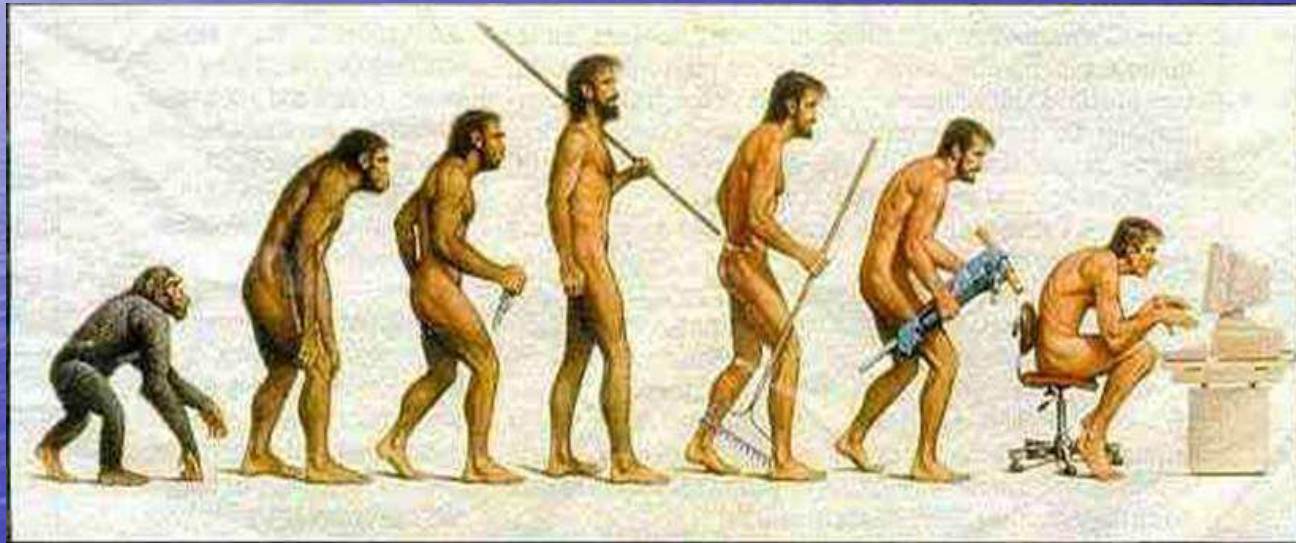


DNA ΑΝΘΡΩΠΟΥ - ΧΙΜΠΑΤΖΗ



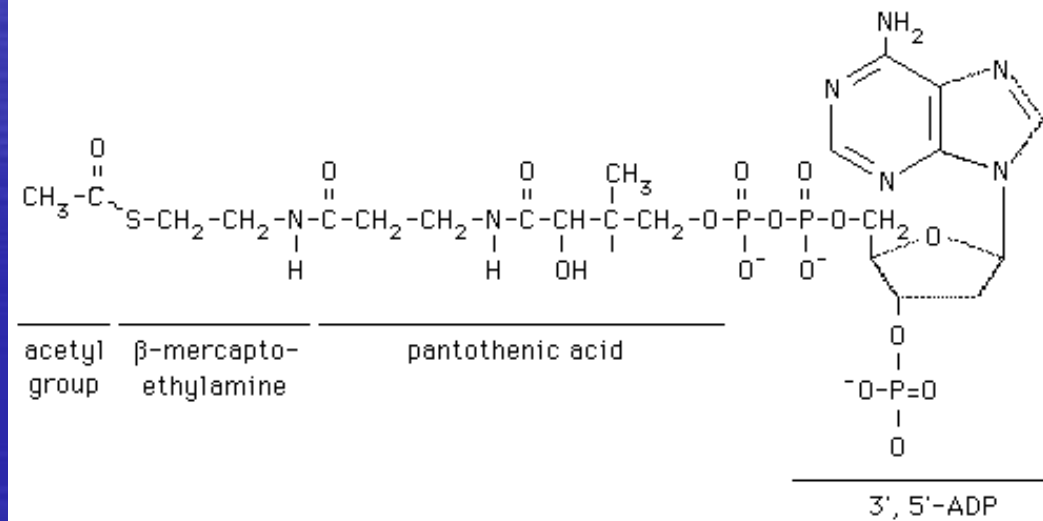
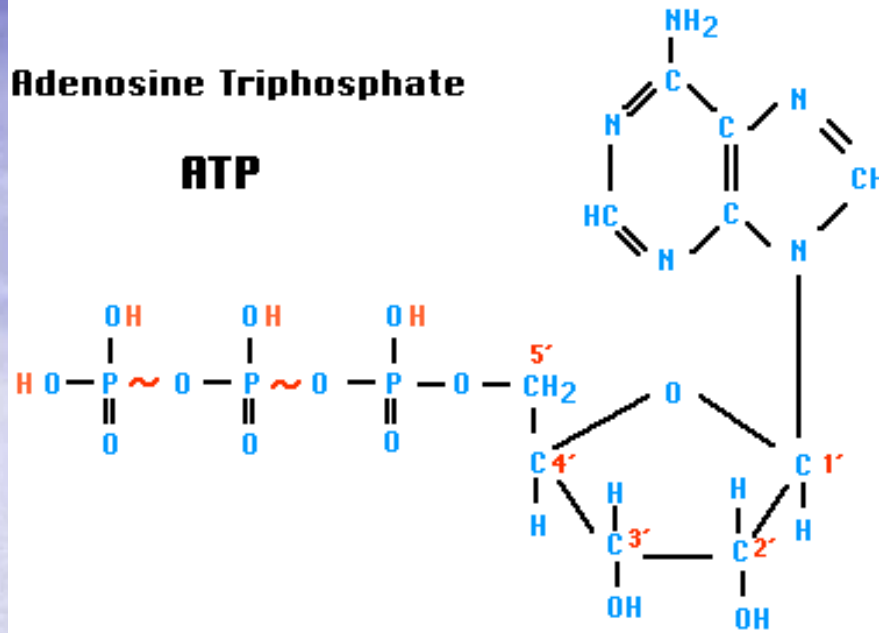
- ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΠΡΟ 6 ΕΚ. ΕΤΩΝ
- 29% ΓΟΝΙΔΙΩΝ ΑΠΟΛΥΤΩΣ ΟΜΟΙΑ
- 50 ΑΝΘΡΩΠΙΝΑ ΓΟΝΙΔΙΑ ΛΕΙΠΟΥΝ ΣΤΟΝ ΧΙΜΠΑΤΖΗ
- 3 ΓΟΝΙΔΙΑ ΦΛΕΓΜΟΝΗΣ ΛΕΙΠΟΥΝ ΣΤΟΝ ΧΙΜΠΑΤΖΗ

ΣΥΝΕΧΙΖΟΜΕΝΗ ΕΞΕΛΙΞΗ



Επίλογος



ATP

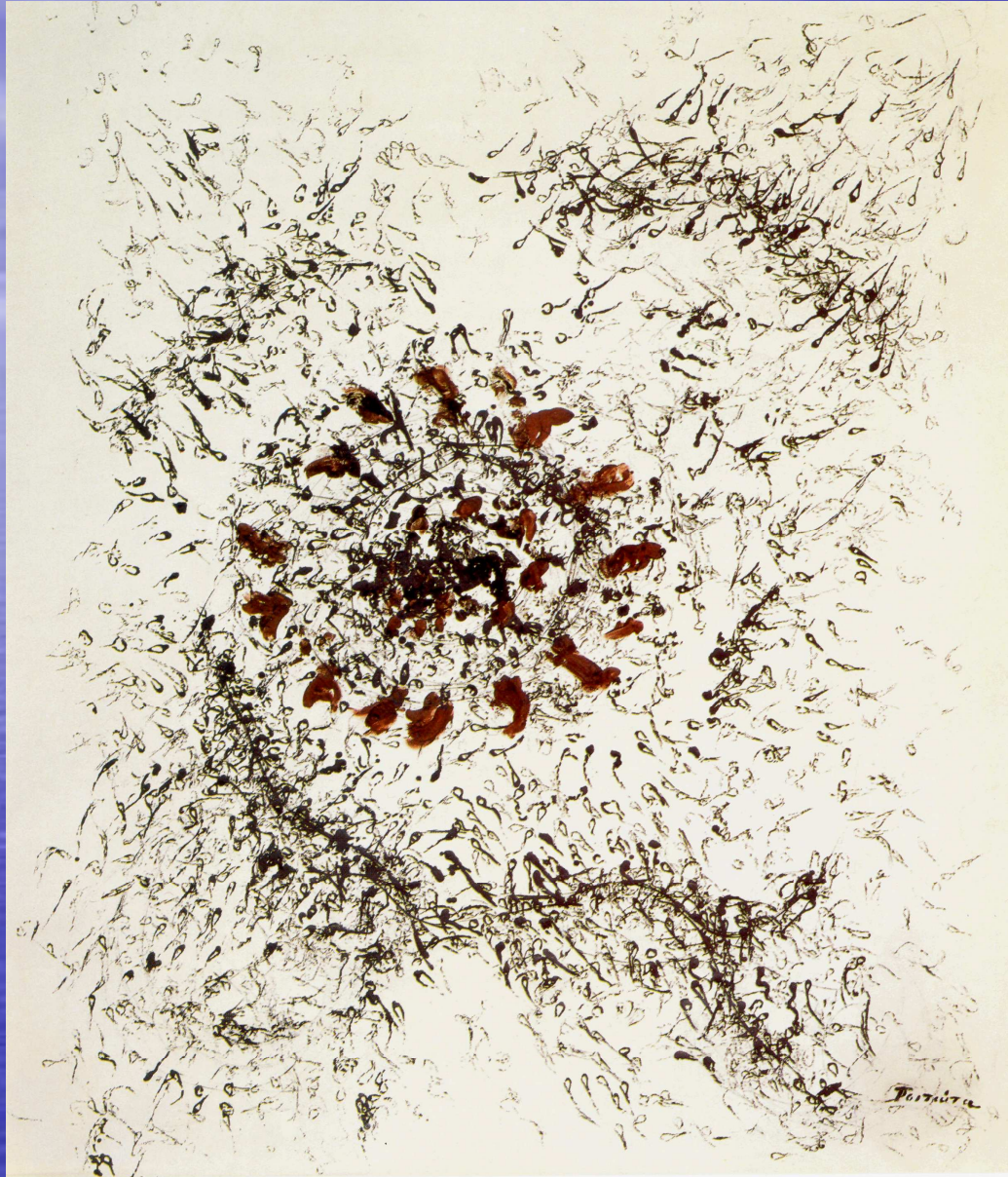
Acetyl coenzyme A, showing its constituents

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

- Δεχόμαστε ένα **πρώτο ξεκίνημα** με αποτέλεσμα τη δημιουργία του σύμπαντος σε κάποιο χρόνο του παρελθόντος ή την στιγμή της **ΜΕΓΑΛΗΣ ΕΚΡΗΞΗΣ**
- Υπάρχουμε γιατί έγινε το **πρώτο ξεκίνημα**, η αρχή σε μια σειρά αλυσιδωτών αντιδράσεων που η ενέργειά τους ή το τέλος τους δεν μπορεί από κανέναν να προβλεφθεί

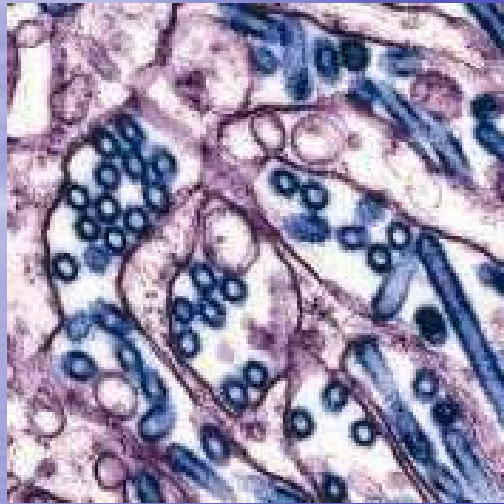
- Ο άνθρωπος μέσα σε αυτόν τον κύκλο προβάλλει ως ο **ηθοποιός** του σύμπαντος. Ένας ηθοποιός που εγωιστικά ψάχνει για τη δική του **προέλευση**
- Ωστόσο μπορούμε να θεωρούμε τους εαυτούς μας, μέσα σ' αυτή τη ματαιοδοξία, ότι είμαστε κάτι το **ασύγκριτο**, κάτι το **θαυμαστό** !
- Ευτυχείς αυτοί που δεν θα ξεχάσουν ότι είναι **άνθρωποι**

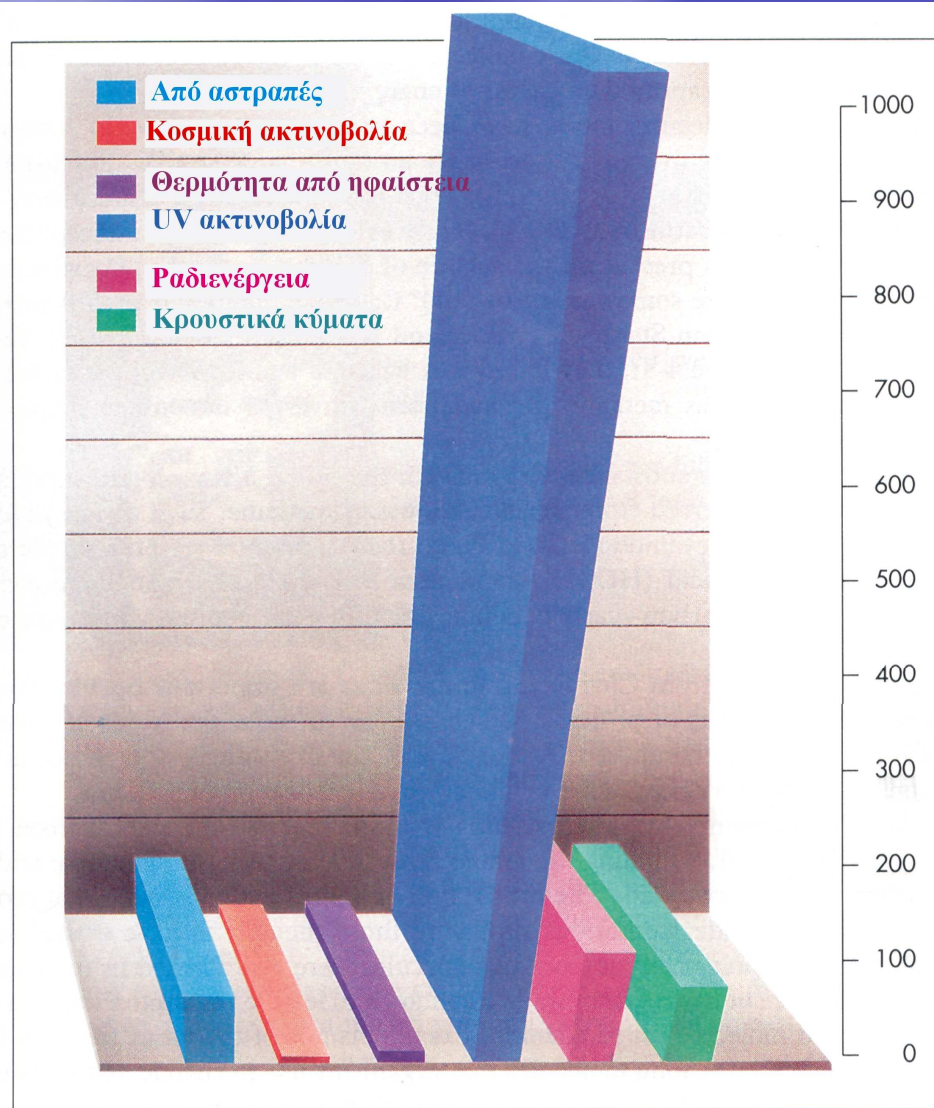
Ευχαριστώ



Λάδι σε μουσαμά - Oil on canvas 2.00 x 1.45 m.







Πηγές ενέργειας για τη σύνθεση
σύνθετων μορίων στην ατμόσφαιρα
της αρχέγονης γης